

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2005-166871

(43)Date of publication of application : 23.06.2005

(51)Int.Cl.

H01L 21/027  
G03F 7/20

(21)Application number : 2003-402584

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 02.12.2003

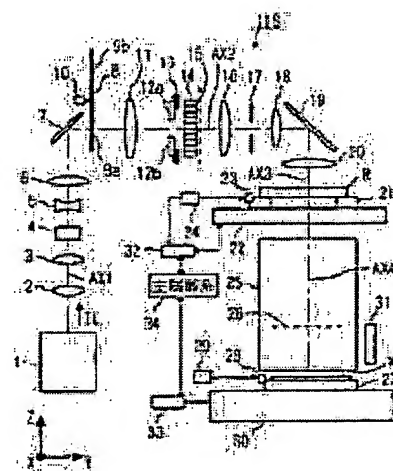
(72)Inventor : SHIRAISHI NAOMASA

(54) ILLUMINATION OPTICAL DEVICE, PROJECTION ALIGNER, EXPOSURE METHOD AND DEVICE MANUFACTURING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an illumination optical system for reducing brightness non-uniformity of illumination light on an object to be irradiated by reducing light amount loss of the illumination light when S-polarizing a polarization state of the illumination light in deformation illumination such as ring band illumination, and to provide a projection exposure device.

SOLUTION: An illumination optical device is provided with a polarization conversion member for converting the polarization state of the illumination light into a desired polarization state in the optical system, and a brightness non-uniformity canceling means for reducing the brightness non-uniformity of the illumination light on the object to be irradiated caused by the polarization conversion member.



## \* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1]

It is an illumination optical device which irradiates the 1st object with illumination light from a light source via an illumination-light study system,

Said light source generates said illumination light by a single polarization condition substantially,

Said illumination-light study system is an illumination equalization component in order to equalize substantially illumination of illumination light with which it irradiates on said 1st object,

A polarization conversion component which changes into a predetermined polarization condition a polarization condition of said illumination light which is arranged from said illumination equalization component at said light source side, and is distributed over a specific zona-orbicularis field which is a predetermined zona-orbicularis equivalent field within a predetermined field vertical to an optic axis of said illumination-light study system,

An illumination optical device provided with an illumination uneven solving means for canceling the illumination heterogeneity of said illumination light on said 1st object produced by said polarization conversion component.

[Claim 2]

The illumination optical device according to claim 1 making specific illumination light which penetrates said specific zona-orbicularis field among said illumination light, and is irradiated by said 1st object in the predetermined incidence angle degree range into illumination light of a polarization condition which uses S polarization as the main ingredients.

[Claim 3]

The illumination optical device according to claim 1 or 2, wherein said predetermined polarization condition of said illumination light distributed over said specific zona-orbicularis field is a polarization condition which uses linear polarized light of a circumferential direction centering on said optic axis of said illumination-light study system as the main ingredients.

[Claim 4]

The illumination optical device according to any one of claims 1 to 3, wherein said predetermined field is a Fourier transformation plane to said 1st object in said illumination-light study system.

[Claim 5]

The illumination optical device according to any one of claims 1 to 4 having a luminous-flux-limiting component which restricts said illumination light irradiated by said 1st object to light flux distributed in said specific zona-orbicularis field.

[Claim 6]

The illumination optical device according to claim 5, wherein said luminous-flux-limiting component restricts said light flux in two or more discrete fields still more nearly substantially in said specific zona-orbicularis field.

[Claim 7]

The illumination optical device according to claim 5 or 6, wherein said luminous-flux-limiting component contains a diffraction optical element provided between said light source and said polarization conversion component.

[Claim 8]

The illumination optical device according to any one of claims 1 to 7, wherein said polarization conversion component arranges several wavelength plates with which reference directions differ in a position different, respectively within a field vertical to said optic axis of said illumination-light study system.

[Claim 9]

The illumination optical device according to claim 8, wherein said illumination light which enters into said polarization conversion component is illumination light which uses linear polarized light as the main ingredients and said wavelength plate is 1/2 wavelength plate.

[Claim 10]

The illumination optical device according to claim 8, wherein said illumination light which enters into said polarization conversion component is illumination light which uses circularly polarized light as the main ingredients and said wavelength plate is 1/4 wavelength plate.

[Claim 11]

The illumination optical device according to any one of claims 8 to 10, wherein said illumination uneven solving means includes maintaining structure which holds said two or more wavelength plates out of an optical path of said illumination light.

[Claim 12]

The illumination optical device according to any one of claims 8 to 10, wherein said illumination uneven solving means contains a transparent substrate to said illumination light holding said two or more wavelength plates.

[Claim 13]

The illumination optical device according to any one of claims 1 to 12, wherein said illumination equalization component is a fly eye lens.

[Claim 14]

The illumination optical device according to claim 13, wherein said illumination uneven solving means is a component which covers light flux of a portion which is equivalent to a boundary part of two or more of said wavelength plates which constitute said polarization conversion component in its conjugate side near the injection side of said fly eye lens.

[Claim 15]

Said illumination uneven solving means width of an illumination fall portion formed in an incident side of said fly eye lens of a boundary part of two or more of said wavelength plates which constitute said polarization conversion component, The illumination optical device according to claim 13 or 14 including a function which cancels the illumination heterogeneity of said illumination light on said 1st object by extending more than width of each lens element which constitutes said fly eye lens.

[Claim 16]

An illumination optical device given in any 1 clause of Claim 1 having an attach/detach mechanism in which said polarization conversion component is made to evacuate out of an optical path of said illumination light to 15.

[Claim 17]

A projection aligner having a projection optical system which projects an image of a pattern on said 1st object on the 2nd object while having an illumination optical device of any one description of 16 from Claim 1 as an illumination optical device which illuminates the 1st object.

[Claim 18]

An exposure method characterized by exposing a photo conductor as said 2nd object by an image of a pattern of a mask as said 1st object using the projection aligner according to claim 17.

[Claim 19]

It is a device manufacturing method including a lithography process.

A device manufacturing method transferring a pattern to a photo conductor using the exposure method according to claim 18 by said lithography process.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[Field of the Invention]

[0001]

This invention relates to the exposure technology which illuminates a mask pattern with the light of a predetermined polarization condition in more detail about the exposure technology used by the lithography process for manufacturing various devices, such as Integrated Circuit Sub-Division (LSI etc.), an image sensor, or a liquid crystal display, for example. This invention relates to the device fabrication technology of using the exposure technology.

[Background of the Invention]

[0002]

Formation of the minute pattern of electron devices, such as Integrated Circuit Sub-Division or a liquid crystal display, is faced, The method of reducing and carrying out exposure transfer of the patterns (or photo mask etc.) of the reticle as a mask which carried out proportionality expansion of the pattern which should be formed at about 4 to 5 times, and drew on the wafers (or glass plate etc.) as an exposed substrate (photo conductor) via a projection optical system is used. On the occasion of the exposure transfer, the scanning exposure [ such as standstill exposure types such as a stepper, and a scanning stepper, ] type projection aligner is used. The resolution of a projection optical system is proportional to the value which divided the exposure wavelength by the numerical aperture (NA) of the projection optical system. With the numerical aperture (NA) of a projection optical system, the sine (sin) of the maximum incident angle of UEAHE of the illumination light for exposure is multiplied by the refractive index of the medium which the light flux passes.

[0003]

Therefore, in order to correspond to miniaturizations, such as Integrated Circuit Sub-Division, short wavelength formation of the exposure wavelength of a projection aligner has been carried out more. Although 248 nm of an exposure wavelength of a KrF excimer laser is in use now, no less than 193 nm of the ArF excimer laser of short wavelength is going into a utilization stage more. And F2 [ with a wavelength of 157 nm of short wavelength ] Laser and Ar2 [ with a wavelength of 126 nm ] The proposal of the projection aligner which uses light sources of what is called a vacuum ultraviolet area, such as laser, is also performed. The development for forming a projection optical system into large NA further, since high-resolution-izing is possible is also made not only by short wavelength formation but by Taikai talkative-ization (formation of large NA) of the projection optical system, and NA of the latest present projection optical system is about 0.8.

[0004]

On the other hand, even if it uses the same exposure wavelength and the projection optical system of the same NA, the resolution of the pattern transferred as improving technology, What is called super resolution technology, such as a method of using what is called a phase shift reticle, zona-orbicularis Lighting Sub-Division which controls incidence angle degree distribution of RECHIKURUHE of the illumination light to predetermined distribution, 2 pole Lighting Sub-Division, 4 pole Lighting Sub-Division, is also put in practical use.

[0005]

In them, zona-orbicularis Lighting Sub-Division restricts the incidence angle degree range of the reticle of the illumination light to a predetermined angle range, namely, by limiting distribution of the illumination light in the pupil surface of an illumination-light study system in the predetermined zona-orbicularis field centering on the optic axis of an illumination-light study system, An effect is demonstrated to improvement in resolution and the depth of focus (for example, refer to JP,S61-91662,A). on the other hand -- 2 -- very -- Lighting Sub-Division and 4 -- there being no Lighting Sub-Division, and it being limiting in the direction corresponding to the directivity of the pattern, and also about the incident direction of the illumination light, only in the incidence angle degree range, very much, when the pattern on a reticle is a pattern which has specific directivity, Resolution and the depth of focus are improved substantially (for example, refer to JP,H4-101148,A and JP,H4-225357,A).

[0006]

The polarization condition of the illumination light is optimized to the direction of the pattern on a reticle, and the trial which improves resolution and the depth of focus is also proposed. This method improves the contrast of a transfer image, etc. by considering it as the linear polarized light which has a polarization direction (the direction of an electric field) in the direction parallel to the direction which intersects the illumination light perpendicularly with the period directions of a pattern, i.e., the longitudinal direction of a pattern, (for example, refer to nonpatent literature 1).

[0007]

Also in zona-orbicularis Lighting Sub-Division, the illumination light the polarization direction of the illumination light in the pupil surface of an illumination-light study system.

The trial which it tends to be made to agree with the circumferencial direction in the zona-orbicularis field over which it is distributed, and is going to raise resolution, contrast, etc. of a projection image is also proposed (for example, refer to patent documents 1).

[Patent documents 1] JP,H6-53120,A

[Nonpatent literature 1] Timothy A. Brunner, et al.: "High NA Lithographic imaging at Brewster's angle", SPIE Vo(U.S.)14691, and pp.1-24 (2002)

[Description of the Invention]

[Problem to be solved by the invention]

[0008]

in the Prior art like the above, when zona-orbicularis Lighting Sub-Division was performed and it was going to make the polarization condition of the illumination light into the linear polarized light which is substantially in agreement with the circumferential direction of a zona-orbicularis field in the pupil surface of an illumination-light study system, the loss of the amount of illumination light increased and there was a problem that illumination efficiency fell.

[0009]

When this is explained in full detail, the illumination light ejected from the narrow band-ized KrF excimer laser light source which is the mainstream in recent years is uniform linear polarized light. Since a reticle will be illuminated by uniform linear polarized light if a polarization condition as it is maintained and this is led to a reticle, it cannot be overemphasized that the linear polarized light which is in agreement with the circumferential direction of the zona-orbicularis field of the pupil surface of the above illumination-light study systems is unrealizable.

[0010]

In the field which uses the laser light source of linear polarized light, and becomes a relation of the Fourier transform to the reticle pattern in an illumination-light study system in the above-mentioned patent documents 1 (namely, inside of a pupil surface), a predetermined \*\*\*\*\* field and 2 — very — a field or 4 — by arranging the spatial filter which penetrates the illumination luminous flux distributed very much only over a field, and arranging two or more 1/2 wavelength plates which the direction of the optical axis rotated mutually to each transparent part of the spatial filter, Realizing linear polarized light which coincided the polarization condition of the illumination light with the circumferential direction centering on an illumination-light study system optic axis substantially without the light volume loss of the illumination light is proposed.

[0011]

However, the above-mentioned Fourier transformation plane which is a locating position of two or more 1/2 above-mentioned wavelength plates indicated by the patent documents 1 is a field which is in agreement with the injection side of the fly eye lens which is an illumination equalization means in general. And since 1/2 wavelength plate which functions effectively also to such illumination luminous flux corresponds to the big difference angle (incidence angle) of the illumination luminous flux, it is necessary to consider it as a very thin wavelength plate, and SUBJECT that the processing is difficult occurs.

[0012]

In the embodiment of Lighting Sub-Division (4 very Lighting Sub-Division) which distributes illumination luminous flux over four predetermined fields in the above-mentioned Fourier transformation plane, the patent documents 1 are indicating that two or more 1/2 above-mentioned wavelength plates may be arranged from a fly eye lens to the light source side. Generally, since the difference angle of the illumination light is small, the demand of the incidence angle degree characteristic to 1/2 wavelength plate will be eased at a light source side [ fly eye lens ].

[0013]

However, if two or more 1/2 above-mentioned wavelength plates are arranged from a fly eye lens to the light source side to zona-orbicularis Lighting Sub-Division, it will be easy to produce the illumination heterogeneity (illumination unevenness) of the illumination luminous flux in a reticle side. In zona-orbicularis Lighting Sub-Division, a fly eye lens needs to be continuously arranged on the pupil surface in an illumination-light study system. As a result, since the illumination light in which it was shaded by a border area, maintaining structure, etc. of the wavelength plate of the above-mentioned plurality, and the homogeneity of illumination got worse will enter into a fly eye lens, it is because that adverse effect remains also in a reticle side.

[0014]

This invention is made in view of such SUBJECT, is faced illuminating masks, such as a reticle, by the illumination light of a predetermined polarization condition, and sets it as the 1st purpose to provide the made exposure technology which lessens a light volume loss and can attain good illumination homogeneity.

[0015]

This invention faces the polarization condition of the illumination light in fields, such as zona orbicularis on the pupil surface of an illumination-light study system, two poles, or four poles, setting it as a predetermined state. It sets it as the 2nd purpose to provide the exposure technology which can improve resolution etc. without being able to lessen the fall of the amount of illumination light and reducing most throughput as the result.

[0016]

An object of this invention is also to provide the device fabrication technology in which a highly efficient device can be manufactured by high throughput, using the above-mentioned exposure technology.

[Means for solving problem]

[0017]

Via an illumination-light study system (ILS), the 1st illumination optical device by this invention is the illumination light from a light source (1) an illumination optical device with which the 1st object (R) is irradiated, and the light source, By a single polarization condition, generate the illumination light substantially and the illumination-light study system. In order to equalize substantially the illumination of the illumination light with which it irradiates on the 1st object An illumination equalization component (14). The polarization condition of said illumination light which is arranged from the illumination equalization component at the light source side, and is distributed over the specific zona-orbicularis field which is a predetermined zona-orbicularis equivalent field within a predetermined field vertical to the optic axis (AX2) of the illumination-light study system. It has an illumination uneven solving means (B1 grade) for canceling the illumination heterogeneity of the illumination light on the 1st object produced by the polarization conversion components (12a etc.) changed into a predetermined polarization condition, and the polarization conversion component of those.

[0018]

According to this invention, it is possible by making the construction material, the thickness, and \*\*\*\*\* of the polarization conversion component into a predetermined thing, respectively, for example to change into a predetermined polarization condition the polarization condition of the illumination light which passes through the specific zona-orbicularis field among the illumination light ejected from the light source.

A polarization conversion component can be written with arranging from an illumination equalization component to the light source side, and the difference angle of the illumination luminous flux which penetrates a polarization conversion component, i.e., the incidence angle to a polarization conversion component, can be made small. As a result, the degree of option of a polarization conversion component increases, the implementability is improved, and control of the polarization condition of the illumination light in the state where there is almost no light volume loss can be realized.

[0019]

In this case, it can pass through that specific zona-orbicularis field among that illumination light, and the specific illumination light (ILL1, ILD1 grade) irradiated by that 1st object with the predetermined degree ( $\phi$ ) of incidence angle can be made into the illumination light of the polarization condition which uses S polarization as the main ingredients.

[0020]

Also suppose that it is a polarization condition which uses as the main ingredients linear polarized light of the circumferencial direction [ polarization condition / of the illumination light distributed over the specific zona-orbicularis field / the / predetermined ] centering on the optic axis of the illumination-light study system. And the predetermined field can be made into the Fourier transformation plane to the 1st object in the illumination-light study system.

[0021]

It may have a luminous-flux-limiting component (9a, 9b) which restricts the illumination light irradiated by the 1st object to the light flux substantially distributed in the specific zona-orbicularis field. The luminous-flux-limiting component may restrict the light flux in two or more discrete fields still more nearly substantially in the specific zona-orbicularis field. Zona-orbicularis Lighting Sub-Division, 2 pole Lighting Sub-Division, or 4 pole Lighting Sub-Division can be realized without reducing most amounts of illumination light in these cases.

[0022]

The luminous-flux-limiting component contains the diffraction optical element arranged between the light source and its polarization conversion component as an example. By using a diffraction optical element, a light volume loss can be decreased further.

[0023]

The polarization conversion component arranges as an example several wavelength plates (12a, 12b, etc.) with which reference directions differ in a position different, respectively within a field vertical to the optic axis of the illumination-light study system. The polarization condition of the illumination light after passing two or more of the wavelength plates is controllable by this in the predetermined state with high precision.

[0024]

As an example, said illumination light which enters into the polarization conversion component is illumination light which uses linear polarized light as the main ingredients, and uses what has arranged two or more  $1/2$  wavelength plates as the polarization conversion component for a position different, respectively within a field vertical to the optic axis of the illumination-light study system.

[0025]

Or as an example, said illumination light which enters into the polarization conversion component is illumination light which uses circularly polarized light as the main ingredients, and uses what has arranged two or more  $1/4$  wavelength plates as the polarization conversion component for a position different, respectively within a field vertical to the optic axis of the illumination-light study system.

[0026]

The illumination uneven solving means shall include the maintaining structure (13a, 13b, etc.) which holds two or more of the wavelength plates out of the optical path of the illumination light.

The illumination uneven solving means shall contain a transparent substrate as an example to the illumination light holding said two or more wavelength plates.

[0027]

The illumination equalization component is a fly eye lens (14) as an example.

Let the illumination uneven solving means be a shielding member (B1 grade) arranged to its conjugate side near the injection side of the fly eye lens as an example. In its conjugate side near the injection side of that fly eye lens, it can be supposed that it is this shielding member a component which covers the light flux of the portion equivalent to the boundary part of two or more wavelength plates which constitute that polarization conversion component. By this, the illumination homogeneity of the illumination light on the 1st object can be improved further.

[0028]

The width of the illumination fall portion formed in the entrance plane of the fly eye lens in the illumination uneven solving means as an example of the boundary part of two or more wavelength plates which constitute the polarization conversion component, By extending more than the width of each lens element which constitutes the fly eye lens, the illumination heterogeneity of said illumination light on said 1st object shall be canceled. By this, there is no loss of the amount of illumination light, and the illumination homogeneity of the illumination light on the 1st object can be improved further.

[0029]

The illumination optical device of this invention can also be provided with the attach/detach mechanism in which the polarization conversion component is made to evacuate out of the optical path of the illumination light, as an example.

Next, the exposure device by this invention has an illumination optical device of this invention as an illumination optical device which illuminates the 1st object, and has a projection optical system (25) which projects the image of the pattern on said 1st object on the 2nd object. By this invention, the circumferencial direction of the specific zona-orbicularis field can be made into a predetermined polarization condition in the state where the polarization condition of the illumination light which passes through the specific zona-orbicularis field does not almost have a light volume loss in the illumination light which illuminates the 1st object.

[0030]

As an example, it can pass through the specific zona-orbicularis field, and the specific illumination light irradiated by the 1st object in the predetermined incidence angle degree range can be made into the illumination light of the polarization condition which uses S polarization as the main ingredients. The image formation performance at the time of projecting the minute pattern formed on the 1st object on the 2nd object via a projection optical system by this can be improved.

[0031]

A luminous-flux-limiting component may be provided in the illumination optical device in the exposure device of this invention, and the illumination light irradiated by the 1st object may be restricted in the specific zona-orbicularis field. Thereby, the 1st object is illuminated by the linear polarized light which has the polarization direction which are the conditions of zona-orbicularis Lighting Sub-Division mostly, and was in agreement with the circumferential direction of the zona-orbicularis field. Since image formation of the projection image of the line and space pattern arranged with the fine pitch in the arbitrary directions on the 1st object by this is mainly carried out by the illumination light with a polarization direction parallel to the longitudinal direction of a line pattern, imaging characteristics, such as contrast, resolution, and the depth of focus, are improved.

[0032]

The luminous-flux-limiting component may restrict the illumination light irradiated by the 1st object in two or more still more specific substantially discrete fields in the specific zona-orbicularis field. Thereby, the 1st object is the conditions of 2 pole Lighting Sub-Division, 4 pole Lighting Sub-Division, etc., and is illuminated by the linear polarized light in agreement with the circumferential direction of two or more of the discrete fields. Since image formation of the projection image of the line and space pattern arranged with the fine pitch in the predetermined direction on the 1st object by this is mainly carried out by the illumination light with a polarization direction parallel to the longitudinal direction of a line pattern, imaging characteristics, such as contrast, resolution, and the depth of focus, are improved.

[0033]

Next, the exposure method by this invention exposes the photo conductor (W) as the 2nd object by the image of the pattern of the mask (R) as the 1st object using the projection aligner of this invention. By this invention, while being able to illuminate the 1st object with zona-orbicularis Lighting Sub-Division, 2 pole Lighting Sub-Division, or 4 pole Lighting Sub-Division, the polarization condition of the illumination light which enters into the 1st object can be made into a polarization condition suitable for exposure of the minute pattern on a mask. Therefore, the pattern formed with the fine pitch on the mask in the state where there is almost no light volume loss can be transferred with a good imaging characteristic.

[0034]

The device manufacturing method by this invention is a device manufacturing method including a lithography process, and transfers a pattern to a photo conductor using the exposure method of this invention by the lithography process. According to this invention, it is high throughput and a pattern can be transferred with a high imaging characteristic.

[Effect of the Invention]

[0035]

According to this invention, since the polarization condition of the \*\*\*\* illumination light for polarization conversion components is controlled, the light volume loss at the time of illuminating the 1st object (mask) by the illumination light of a predetermined polarization condition can be lessened. Since the polarization conversion component is arranged to the light source side rather than illumination equalization means, such as a fly eye lens, it is effective in that there are few restrictions on selection of a polarization conversion component.

[0036]

According to this invention, since the heterogeneity of the illumination of the illumination light on the 1st object produced by a polarization conversion component is canceled by an illumination uneven solving means, it is possible to realize the good illumination optical device and projection aligner of illumination homogeneity.

[0037]

The 1st object by using a luminous-flux-limiting component Zona-orbicularis Lighting Sub-Division, 2 — very — Lighting Sub-Division or 4 — the polarization condition of the illumination light which passes through at least some fields of a specific zona-orbicularis field can be set as the state of using linear polarization parallel to the circumferential direction of the specific zona-orbicularis field as the main ingredients, without reducing most amounts of illumination light, when illuminating with Lighting Sub-Division etc. very much.

[0038]

Therefore, in the exposure device provided with such an illumination-light study system, the imaging characteristic at the time of exposing the pattern which has arranged the line pattern which has a longitudinal direction in accordance with the direction of the linear polarized light on the 1st object with the fine pitch can be raised. By irradiating with the polarization condition of the illumination light which is zona-orbicularis Lighting Sub-Division about the 1st object, and passes through at least some fields of a specific zona-orbicularis field by the illumination light in the state of using linear polarized light parallel to the circumferential direction of the specific zona-orbicularis field as the main ingredients, The imaging characteristic of the pattern which has arbitrary directivity on the 1st object can be raised.

[0039]

The projection aligner and exposure method which realize the above-mentioned improvement in image formation performance without the fall of throughput (throughput) can be provided by using a luminous-flux-limiting component by realizing above-mentioned zona-orbicularis Lighting Sub-Division, 2 pole Lighting Sub-Division, or 4 pole Lighting Sub-Division etc., without reducing most amounts of illumination light.

[Best Mode of Carrying Out the Invention]

[0040]

Hereafter, with reference to Drawings, it explains per example of the desirable embodiment of this invention. This example applies this invention, when exposing with the scanning exposure type projection aligner (scanning stepper) which consists of a step and scanning method.

[0041]

Drawing 1 is the figure which cut and lacked the part which shows the outline composition of the projection aligner of this example containing the illumination optical device of this example, and the projection aligner of this example is provided with the light source 1, and illumination-light study system ILS and the projection optical system 25 in this drawing 1. Among these, the light source 1 and illumination-light study system ILS constitute an illumination optical device, and this serves as an example of the desirable embodiment of the illumination optical device of this invention.

[0042]

Illumination-light study system ILS the relay lens 2 after the light source 1 (light source) to the condenser lens 20, It has two or more optical members arranged along with optic-axis (illumination system optic axis) AX1, AX2, and AX3 (detailed after-mentioned), and the lighting field of the pattern surface side (reticle side) of the reticle R as a mask is illuminated according to uniform illuminance distribution by illumination-light (exposing light) IL for the exposure as an exposure beam from the light source 1. That is, the light source 1 and illumination-light study system ILS constitute the illumination optical device of this example. The image which the latter projection optical system 25 is a basis of the illumination light, and reduced the pattern of illuminated viewing Nouchi of the reticle R with the projecting magnification M (M is the reducing magnification of 1/4, and 1 / 5 grades), It projects on the exposure region on one shot region on the wafer W in which the photoresist as an exposed substrate (substrate) or a photo conductor was applied. It can be considered that the reticle R and the wafer W are also the 1st object and the 2nd object, respectively. The wafer W is a disc-like substrate whose diameters, such as semiconductors (silicon etc.) or SOI (silicon on insulator), are about 200-300 mm, for example. Although the projection optical system 25 of this example is a dioptric system, for example, reflective refractive media etc. can be used.

[0043]

In drawing 1, about the projection optical system 25, the reticle R, and the wafer W hereafter, The Z-axis is taken in parallel with optic-axis AX4 of the projection optical system 25, a Y-axis is taken along the reticle R at the time of scanning exposure, and the scanning direction (direction parallel to the space of drawing 1) of the wafer W in a flat surface (XY plane) vertical to the Z-axis, and the X-axis is taken and explained along a non-scanning direction (direction vertical to the space of drawing 1). In this case, the lighting field of the reticle R is a field long and slender in the direction of X which is a non-scanning direction, and the exposure regions on the wafer W are that lighting field and a long and slender conjugate field. Optic-axis AX4 of the projection optical system 25 has agreed with illumination system optic-axis AX3 on the reticle R.

[0044]

First, while adsorption maintenance of the reticle R in which the pattern which should be carried out exposure transfer was formed is carried out on the reticle stage 21 and moving in the direction of Y with constant speed on the reticle base 22 in the reticle stage 21, It moves slightly to the direction of X, the direction of Y, and the surrounding hand of cut of the Z-axis so that a synchronization error may be amended, and the reticle R is scanned. The position of the direction of X of the reticle stage 21 and the direction of Y and the angle of rotation are measured by the moving mirror 23 and the laser interferometer 24 which were formed on this. \*\* Based on \*\*\*\*\* and the control information from the main control system 34, the reticle stage drive system 32 controls the position and speed of the reticle stage 21 via drive mechanisms (un-illustrating), such as a linear motor. Above the periphery of the reticle R, the reticle alignment microscope for reticle alignment (un-illustrating) is arranged.

[0045]

On the other hand, adsorption maintenance is carried out on the wafer stage 27 via a wafer holder (un-illustrating), and the wafer W is laid so that step moving can be carried out in the direction of X, and the direction of Y, while it can move in the direction of Y with constant speed on the wafer base 30 in the wafer stage 27. Based on the measurement value of an unillustrated autofocus sensor, Z leveling mechanism for doubling the surface of the wafer W with the image surface of the projection optical system 25 is also included in the wafer stage 27. The position of the direction of X of the wafer stage 27 and the direction of Y and the angle of rotation are measured by the moving mirror 28 and the laser interferometer 29 which were formed on this. Based on this measurement value and the control information from the main control system 34, the wafer stage drive system 33 controls the position and speed of the wafer stage 27 via drive mechanisms (un-illustrating), such as a linear motor. Near the projection optical system 25, the alignment sensor 31 of the FIA (Field Image Alignment) system is arranged by the off-axis system which detects the position of the mark for alignment on the wafer W for wafer alignment.

[0046]

Alignment of the reticle R is performed by the above-mentioned reticle alignment microscope in advance of exposure by the projection aligner of this example, Alignment of the wafer W is performed by detecting the position of the mark for alignment formed with the circuit pattern by the former exposure process on the wafer W with the alignment sensor 31. Then, where the lighting field on the reticle R is irradiated with illumination-light IL, the reticle stage 21 and the wafer stage 27 are driven, The operation which carries out the synchronous scan of the reticle R and the one shot region on the wafer W in the direction of Y, and the operation which stops luminescence of illumination-light IL, drives the wafer stage 27, and carries out step moving of the wafer W in the direction of X and the direction of Y are repeated. The ratio of the scan speed of the reticle stage 21 at the time of the synchronous scan and the wafer stage 27 is equal to the projecting magnification M of the projection optical system 25, in order to maintain the image formation relation between the reticle R through the projection optical system 25, and the wafer W. Exposure transfer of the pattern image of the reticle R is carried out to all the shot regions on the wafer W by a step and scanning method by these operations.

[0047]

Next, it explains to details per composition of illumination-light study system ILS of this example. In drawing 1, the ArF (argon fluoride) excimer laser (wavelength of 193 nm) is used as the light source 1 of this example. If it is considered as the light source 1, it is a KrF (krypton fluoride) excimer laser (wavelength of 248 nm), and F2. Laser (fluorine molecule) (wavelength of 157 nm), or Kr2 Laser light sources, such as laser (krypton molecule) (wavelength of 146 nm), etc. can be used. These laser light sources (the light source 1 is included) are the narrow-band-ized laser or the laser by which wavelength selection was made, and illumination-light IL ejected from the light source 1 has become a polarization condition which uses linear polarized light as the main ingredients by the above-mentioned narrow-band-izing or wavelength selection. Hereafter, in drawing 1, a polarization direction (the direction of an electric field) explains illumination-light IL immediately after ejecting from the light source 1 as what uses as the main ingredients linear polarized light which is in agreement with the direction of X in drawing 1.



[0048]

Illumination-light IL which emitted the light source 1 enters into the polarization control component 4 (detailed after-mentioned) as a polarization control mechanism via the relay lenses 2 and 3 along with illumination system optic-axis AX1. Illumination-light IL which emitted the polarization control component 4 should pass the zoom optical system (5, 6) which consists of combination of the concave lens 5 and the convex lens 6, it being reflected by the mirror 7 for optical-path bending, and meeting illumination system optic-axis AX2 — a diffraction optical element (DOE:Diffraction Optical Element) — it enters into 9a. The diffraction optical element 9a consists of a phase type diffraction grating, and he diffracts in the predetermined direction and it follows illumination-light IL which entered.

[0049]

It is [ the angle of diffraction of each diffracted light from the diffraction optical element 9a as a luminous-flux-limiting component, and ] a direction as mentioned later.

It corresponds in the position of illumination-light IL on the pupil surface 15 of \*\*\*\* and illumination-light study system ILS, and the degree of incidence angle and direction of the reticle R of illumination-light IL. The multiple arrays of another diffraction optical element 9b etc. which have a different diffraction operation from the diffraction optical element 9a and it are carried out on the turret-like component 8. By and the thing for which the component 8 is driven by the switchboard style 10, for example under control of the main control system 34, and the position on the illumination system optic axis AX2 is loaded with the diffraction optical element 9a of the arbitrary positions on the component 8, etc. According to the pattern of the reticle R, it is constituted so that the incidence angle degree range and direction (or position of the illumination light in the pupil surface 15) of the illumination light of the reticle R can be set as the range of desired. The incidence angle degree range can be finely tuned auxiliary by moving the concave lens 5 and the convex lens 6 which constitute an above-mentioned zoom optical system (5, 6) in the direction of illumination system optic-axis AX1, respectively.

[0050]

Illumination-light (diffracted light) IL which ejected the diffraction optical element 9a enters into the polarization conversion components 12a and 12b of this invention through the relay lens 11 along with illumination system optic-axis AX2. However, the polarization conversion component from which plurality separated the polarization conversion components 12a and 12b into a position different, respectively on the predetermined zona-orbicularis field centering on optic-axis AX2 is arranged as mentioned later. And since the polarization conversion component does not need to be arranged near optic-axis AX2, not all the illumination luminous flux needs to enter into the polarization conversion components 12a and 12b.

[0051]

The fly eye lens 14 for equalizing the illuminance distribution of illumination-light IL on the reticle R is arranged from the polarization conversion components 12a and 12b at the reticle R side. Illumination-light IL which ejected the fly eye lens 14 results in the mirror 19 for optical-path bending through the relay lens 16, the field diaphragm 17, and the condenser lens 18, and illumination-light IL reflected here illuminates the reticle R through the condenser lens 20 along with illumination system optic-axis AX3. The pattern on the reticle R illuminated in this way is projected by the projection optical system 25 on the wafer W as mentioned above, and is transferred.

[0052]

The field diaphragm 17 can be made into a scanning-type if needed, and it can also scan synchronizing with the scan of the reticle stage 21 and the wafer stage 27. In this case, that field diaphragm may be divided into a fixed field diaphragm and a movable field diaphragm, and may be constituted.

[0053]

In this composition, the field by the side of an injection of the fly eye lens 14 is located near the pupil surface 15 of illumination-light study system ILS. The pupil surface 15 acts via the optical member (the relay lens 16, the field diaphragm 17, the condenser lenses 18 and 20, and mirror 19) in illumination-light study system ILS of a to [ from the pupil surface 15 / the reticle R ] as an optical Fourier transformation plane to the pattern surface side (reticle side) of the reticle R. That is, the illumination light which ejected one on the pupil surface 15 serves as a parallel pencil in general, and irradiates with the reticle R in the predetermined degree of incidence angle and incident direction. The degree of incidence angle and incident direction become settled according to the position on the pupil surface 15 of the light flux.

[0054]

Although the mirrors 7 and 19 for optical-path bending are not indispensable in optical performance, since the overall height (height of a Z direction) of an exposure device will increase if illumination-light study system ILS is arranged on a straight line, they are arranged in the proper place in illumination-light study system ILS for the purpose of a space saving. In accordance with illumination system optic-axis AX2, illumination system optic-axis AX1 illumination system optic-axis AX2 corresponds with illumination system optic-axis AX3 by reflection of the mirror 19 by reflection of the mirror 7.

[0055]

Hereafter, with reference to drawing 2, the 1st embodiment of the polarization conversion components 12a and 12b in drawing 1 is described.

[0056]

The polarization conversion components in the 1st embodiment are the 1/2 wavelength plates 12a, 12b, 12c, 12d, 12e, 12f, 12g, and 12h which consist of double refraction materials, such as uniaxial crystal, and are these.

As shown in drawing 2 (A), focusing on illumination-light study system optic-axis AX2, the circumference is adjoined, respectively and it is arranged. These 1 / 2 wavelength-plate 12 a-h are the periphery, and are held in the portion which is outside the optical path of illumination luminous flux by the attachment components 13a, 13b, 13c, 13d, 13e, 13f, 13g, and 13h, respectively. The maintenance is performed, for example about the 1/2 wavelength plate 12c with three screws, the presser-foot screw 13c1, 13c2, and 13c3, for example, the 1/2 wavelength plate 12d is performed by the presser-foot screw 13d1, and 13d 2 or 13d three screws three.

[0057]

Drawing 2 (B) is 1/2 wavelength-plate 12 a-h, and the attachment component on the A-A' line in drawing 2 (A).

Sectional views, such as 13 a-h, are expressed. 1/2 wavelength-plate 12 a-h is arranged so that the significant part may cover the

zona-orbicularis field (it calls the following "specific zona-orbicularis field") from the inradius  $r_i$  centering on illumination-light study system optic-axis AX2 to the circumradius  $r_o$ . In the position which is [ more than above-mentioned circumradius  $r_o$  ] separated from optic-axis AX2 on the basis of the sector lacking in the central part, attachment component 13 a-h etc. are fixed by the above-mentioned presser-foot screw 13c1, 13c2, 13c, etc., and each of that form is held so that it can arrange that there is no crevice in a specific zona-orbicularis field.

[0058]

As the attachment component 13c presses down attachment component 13 a-h, and the screw 13c1, 13c2, and 13 d of attachment components press it down and it is \*\*\*\*(ed) by the holding frame 13o by two in the screw 13d1 and 13d, each is \*\*\*\*(ed) by the holding frame 13o with a predetermined presser-foot screw. The presser-foot screw 13c1 and 13c, such as attachment component 13 a-h, holding frame 13o, presser-foot screw 13c1, 13c2, and 13c,2 grade constitute the maintaining structure 13 in drawing 1 as one.

[0059]

the path of illumination luminous flux — change of what is called Lighting Sub-Division sigma, zona-orbicularis Lighting Sub-Division, and 2 — very — Lighting Sub-Division and 4 — since it was changed very much by change of Lighting Sub-Division etc., it was not fixed, but the circumradius  $r_0$  in drawing 2 (B) does not exceed at the maximum. That is, attachment component 13 a-h is considering 1-/each 2 wavelength-plate 12 a-h which is a polarization conversion component as the composition held out of the optical path of said illumination light. And within the limits of the radius  $r_0$  centering on optic-axis AX2 which may become in the optical path of the illumination light, 1/2 wavelength-plate 12 a-h is arranged, without having the maintaining structure used as a shielding member so that a crevice may not arise substantially in each adjoining part.

[0060]

Two or more these 1 / 2 wavelength-plate 12 a-h the phase of linear polarized light parallel to the direction, The phase of linear polarized light vertical to the direction receives, half a wave is shifted, and as the white arrow corresponding to each showed, the \*\*\*\* direction (henceforth a "reference direction") is arranged so that it may turn to a direction which is different within the space of drawing 2 (A), respectively.

[0061]

That is, about the 1/2 wavelength plates 12a and 12b, the reference direction is set up in parallel with the Z-axis. When the illumination light which penetrates wavelength plate 12 a-h has a polarization direction (X polarization) of the direction of X-like the above-mentioned, In order that the wavelength plates 12a and 12b which have the above-mentioned reference direction may not change the polarization condition of the illumination light, the illumination light which penetrated the wavelength plates 12a and 12b maintains X polarization as it is, and is ejected.

[0062]

About the 1/2 wavelength plates 12c and 12d, the reference direction is set up in the direction shifted 45 degrees to the reference direction of the 1/2 above-mentioned wavelength plates 12a and 12b. At this time, X polarization light which entered into the 1/2 wavelength plates 12c and 12d turns into linear polarized light (Y polarization) which a polarization condition is changed and has a polarization direction in the direction of Y, and ejects. Here, the direction of Y is in agreement with the circumferential direction of the circle which passes along the 1/2 wavelength plates 12c and 12d centering on the optic axis AX in a 1/2 wavelength plates [ 12c and 12d ] position.

[0063]

About the 1/2 wavelength plates 12f and 12g, the reference direction is set up in the direction rotated 22.5 degrees on the right to the reference direction of the 1/2 above-mentioned wavelength plates 12a and 12b. At this time, X polarization light which entered into the 1/2 wavelength plates 12f and 12g is changed into linear polarization parallel to the straight line expressed with the coordinate system in drawing 2 by  $Z=-X$ . And about the 1/2 wavelength plates 12e and 12h, the reference direction is set up in the direction rotated 22.5 degrees on the left to a 1/2 above-mentioned wavelength plates [ 12e and 12h ] reference direction. At this time, X polarization light which entered into the 1/2 wavelength plates 12e and 12h is changed into linear polarization parallel to the straight line expressed with the coordinate system in drawing 2 by  $Z=X$ .

[0064]

Each of these polarization directions are in agreement with the circumferential direction of the circle which passes along the 1/each 2 wavelength plates 12f, 12g, 12e, and 12h centering on the optic axis AX in each 1/2 wavelength plates [ 12f, 12g, 12e, and 12h ] position. The inside of the linear polarized light to the direction of X which entered by this in the field where 1-/each 2 wavelength-plate 12 a-h is arranged, The illumination light distributed over the zona-orbicularis field of the range of the circumradius  $r_o$  from the inradius  $r_i$  centering on optic-axis AX2 will be substantially changed into the circumferential direction of the circle [ polarization direction / the ] centering on optic-axis AX2 at parallel linear polarized light.

[0065]

Here, the actual length of the above-mentioned inradius  $r_i$  and the circumradius  $r_o$  should be chosen by the design plan etc. of the size of the lighting field on the reticle R which should be illuminated, the required numerical aperture of the illumination light, and illumination-light study system ILS, and is not generally decided. However, the numerical aperture of the projection optical system 25 which a projection aligner prepares for the case where the lighting system of this invention is used as an illumination-light study system of a projection aligner should be taken into consideration and determined.

[0066]

Namely, the coherence factor sigma value which is a ratio of the numerical aperture of the illumination light [ as opposed to the numerical aperture (NA) of the projection optical system 25 in the circumradius  $r_o$  ], It is preferred to set it as the size which includes the illumination luminous flux equivalent to about [ at least 0.8 or more ], and, as for the inradius  $r_i$ , it is preferred that the above-mentioned sigma value sets it as the size which includes the light flux which is about 0.4.

[0067]

About the 1/2 wavelength plates 12a and 12c, it is among above-mentioned 1/2 wavelength-plate 12 a-h, Since it is not necessary to have the operation which changes the polarization condition of the illumination light as above-mentioned, it can also replace not with 1/2 wavelength plate but with the silica glass etc. which have thickness equivalent to it, and arrangement

can also be further omitted depending on the case.

[0068]

By the way, two or more these  $1/2$  wavelength-plate 12 a-h, Since it is arranged rather than the fly eye lens 14 at the light source 1 side (incidence side), When dimming (protection from light) of the illumination light arises in each boundary part of  $1/2$  wavelength-plate 12 a-h, the fall of the luminous energy distribution of the illumination light accompanying it makes the homogeneity (illumination homogeneity) of the luminous energy distribution of the illumination light on the entrance plane of the fly eye lens 14 get worse. And aggravation of this illumination homogeneity will have an adverse effect also on the illumination homogeneity on the reticle R as the 1st object that is an object to illuminate.

[0069]

However, in this invention, it writes with the composition which does not have the maintaining structure used as a shielding member so that a crevice may not arise substantially like the above in each boundary part of  $1/2$  wavelength-plate 12 a-h, It is possible to prevent aggravation of the illumination homogeneity of the illumination light in general on the entrance plane of the fly eye lens 14. As a result, it becomes possible [aggravation of the illumination homogeneity of the illumination light on the reticle R] to prevent in general.

[0070]

Therefore, so that a crevice may not produce substantially  $1/2$  wavelength-plate 12 a-h in each boundary part, And maintaining structure 13 a-h which has composition which does not have the maintaining structure used as a shielding member, namely, holds two or more wavelength plates out of the optical path of the illumination light, It can be concluded that at least a part of illumination uneven solving means of this invention for canceling the illumination heterogeneity of the illumination light on the 1st object (reticle R) produced by a polarization conversion component ( $1/2$  wavelength-plate 12 a-h) is constituted.

[0071]

Here, if a crevice does not arise substantially [above], the crevice produced, for example in each boundary part of  $1/2$  wavelength-plate 12 a-h will say that it is about 3% or less of the above-mentioned circumradius  $r_0$ . By fulfilling this condition, it is because it becomes possible to reduce the adverse effect which the illumination light which is neither the protection-from-light operation accompanying the above-mentioned crevice nor a desirable polarization direction to which it leaks from a crevice has on an imaging characteristic to such an extent that it is satisfactory as a matter of fact.

[0072]

A means to cancel the heterogeneity of the illuminance distribution of the illumination light on the reticle R resulting from the boundary part of a polarization conversion component, As it is not necessarily restricted to the above-mentioned method and is shown, for example in drawing 3 (A) and drawing 3 (B), It is good also as composition which holds two or more  $1/2$  wavelength plates 120a, 120b, 120c, 120d, 120e, 120f, 120g, and 120h by the transparent transparent base 120o to illumination light, such as silica glass.

[0073]

Drawing 3 (A) is a plan showing two or more  $1/2$  wavelength-plate 120 a-h which were stuck on such a transparent base 120o, and drawing 3 (B) is a sectional view showing the section in the A-A' portion of drawing 3 (A). This attachment can also be stuck to exposing light using transparent adhesives etc. if needed, for example, although techniques, such as what is called optical contact, are used.

[0074]

Direction of each above-mentioned reference direction shown by the white arrow shown in each part of  $1/2$  wavelength-plate 120 a-h in drawing 3 (A) is in agreement with a position corresponding among  $1/2$  wavelength-plate 12 a-h shown in drawing 2 (A) with direction of the reference direction of a certain thing. Therefore, also in this example, when the illumination light which is X polarization light enters into  $1/2$  wavelength-plate 120 a-h held at the substrate 120o, the polarization direction will be changed into the linear polarized light which is in agreement with the circumferential direction of the circle centering on optic-axis AX2 in enforcement, and the illumination light will be ejected.

[0075]

The conditions which inradius  $ri_2$  of  $1/2$  wavelength-plate 120 a-h shown in drawing 3 (B) and circumradius  $ro_2$  should fulfill are the same as the conditions which the inradius  $ri$  in the above-mentioned example shown in drawing 2 (B) and the circumradius  $ro$  should fulfill.

[0076]

Also in this example, it is the same as that of the case of the above-mentioned embodiment that the  $1/2$  wavelength plates 120a and 120b may be constituted from silica glass instead of  $1/2$  wavelength plate, or it may omit. In this example, as for lamination \*\*\*\*\*, the silica glass of the same thickness as  $1/2$  wavelength-plate 120 a-h, etc. are made also in the about two optic axis AX, i.e., the field of radius  $ri_2$  centering on optic-axis AX2.

[0077]

The adverse effect which the illumination light which is not a desirable polarization direction to which it leaks from the light shielding of a boundary part and boundary part of  $1/2$  wavelength-plate 120 a-h also as composition like this example has on an imaging characteristic, It becomes possible to decrease to such an extent that it is satisfactory as a matter of fact, and the above-mentioned composition of this example can also be regarded as constituting at least a part of illumination uneven solving means of this invention for canceling the illumination heterogeneity of the illumination light on the 1st object (reticle R).

[0078]

By the way, the crystal which is uniaxial crystal, for example can constitute  $1/2$  wavelength plate of each above-mentioned example. As for the refractive index of crystal, in ArF excimer laser light with a wavelength of 193 nm, the refractive index of 1.6638 and an extraordinary ray of the refractive index of an ordinary ray is 1.6774. Since the wavelength of the ordinary ray in the inside of crystal and an extraordinary ray breaks vacuum medium wave length (193 nm) by each refractive index, it is 116.001 nm and 115.056 nm, respectively, and whenever it goes on the inside of crystal by one wave, the 0.945-nm optical path difference is formed among both light flux. Therefore, what is necessary is for the thickness of crystal just to be 7.12 micrometers equivalent to the thickness which advances by 61.4 (=116.001/2/0.945) wavelength, in order to constitute  $1/2$  wavelength plate. Even if it uses the crystal of the  $x7.12$ micrometer ( $n$  is a natural number) thickness which is odd times this thickness ( $2n+1$ ),  $1/2$  wavelength plate can be constituted.

[0079]

As shown 1/2 wavelength plate in drawing 2 (A) and drawing 2 (B), in order to hold, since a certain amount of thickness is required, it is preferred [ 1/2 wavelength-plate 12 a-h ] as the thickness odd times the thickness of above-mentioned to increase that thickness and intensity in this case. On the other hand, when adopting the holding method shown in drawing 3 (A) and drawing 3 (B), the crystal of which thickness of the above can also be used.

[0080]

When adopting the method shown in drawing 2 (A) and drawing 2 (B), 1/2 wavelength plate of lamination \*\*\*\*\* can also be adopted for crystal on silica glass etc.

The composition of 1/2 wavelength plate is not limited to the above-mentioned crystal, may use other double refraction materials, and can also form them using the intrinsic double reflex (Intrinsic Birefringence) of fluorite. What applied stress to materials, such as synthetic quartz which originally does not have a double reflex, and gave birefringence to them can also be used. Also in such a case, the thickness for forming 1/2 wavelength plate is computable using a described method from the refractive index to the ordinary ray and extraordinary ray of the material.

[0081]

When the case where the pattern formed on the reticle R is very detailed, the standard required of the pattern dimension of the pattern by which exposure transfer is carried out on the wafer W, etc. are very severe. It produces, also when the illumination homogeneity of the illumination light on the reticle R cannot fully be attained only by taking measures which protection from light does not produce substantially like the above in each boundary part of 1/2 wavelength-plate 12 a-h.

[0082]

So, in such a case, to the projection surface 14b of the fly eye lens 14. The shielding member for shading the illumination light ejected from the lens element which has produced the heterogeneity of the illuminance distribution which originates in each boundary part of above-mentioned 1/2 wavelength-plate 12 a-h among each lens element which constitutes the fly eye lens 14 is provided. It is also possible to consider illumination heterogeneity of the amount of illumination light on the reticle R produced by the boundary part of above-mentioned 1/2 wavelength-plate 12 a-h as the composition prevented thoroughly.

[0083]

Hereafter, this composition is explained using drawing 4, drawing 5, and drawing 6.

Although drawing 4 (A) is a figure showing the composition of 1/2 wavelength-plate 12 a-h, it is the same as that of the composition of above-mentioned 1/2 wavelength-plate 12 a-h shown in drawing 2 (A) or drawing 3 (A). [ of the details ] And at this time, in the boundary part of 1-/each 2 wavelength-plate 12 a-h, although it is small, a light shielding arises.

[0084]

Drawing 4 (B) is the figure which looked at the state where the dimming portion which originates in the boundary part of the 1/2 wavelength plate concerned at the fly eye lens entrance plane 14a had arisen, from the direction (upstream of the illumination light) of -Y.

In order that E1, E2, E3, E4, E5, E6 and E7 which are the boundary parts of 1-/each 2 wavelength-plate 12 a-h, and E8 may dim the illumination light, respectively, the dimming regions S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, and S8 are formed in the fly eye lens entrance plane 14a, respectively. Dimming-regions Sc equivalent to the boundary part inside 1-/each 2 wavelength-plate 12 a-h (side near optic-axis AX2) is also formed in the field 14a.

[0085]

Drawing 5 (A) is the figure showing the sectional view of each 1/2 wavelength-plate 12 a-h in a B-B' line segment position, and the fly eye lens 14 shown in drawing 4 (A) and drawing 4 (B). The boundary part E4, the dimming part S5 by E5, and S4 are formed on the B-B' element 144,145 which is lens element which constitutes the fly eye lens 14 in a line segment position, respectively. Therefore, the illumination light of the entrance plane of the element 144,145 becomes uneven [ the illuminance distribution ].

[0086]

Here, an operation of the fly eye lens 14 is briefly explained using drawing 6 (A) and drawing 6 (B). These figures are figures with which the illumination homogeneity in the entrance plane 14a of the fly eye lens 14 explains the influence of the illuminance distribution in the case of it being remarkable and being uneven on [ on the reticle R ] in a predetermined element like the above.

[0087]

As shown in drawing 6 (A), the illumination light irradiated by the fly eye lens entrance plane 14a is condensed by condensing operation (lens action) of each lens element at the projection surface 14b side. And it is ejected from each element as a sending light bunch, and they are superimposed on the irradiated object (the 1st object) of reticle R1 grade, and it is irradiated with them. That is, the entrance plane and the reticle R1 of each lens element of the fly eye lens 14 serve as image formation relations, respectively, and the amount distribution of illumination light on the lighting field ILa of the reticle R1 will be equalized by the equalization effect made by the above-mentioned superposition operation.

[0088]

However, as shown in drawing 6 (B), when the dimming part S5 formed on the lens element 145 is a comparatively steep and big shade part of a light volume fall. even if it carries out with the equalization effect by the fly eye lens 14, in amount distribution ILRof illumination light1 on the lighting field ILa on the reticle R1, the dimming part S5R produced by the above-mentioned dimming part S5 will arise, and the case where it cannot equalize thoroughly will produce the illumination in it.

[0089]

Then, as shown in drawing 5 (B), near the fly eye lens projection surface 14b, shielding member B4, B5, etc. can be provided and the illumination light from the lens element 144,145 grade which worsens the illumination homogeneity of Lighting Sub-Division on the reticle R1 can also be considered as the composition which shades.

[0090]

As for shielding member B4, B5, etc., it is desirable to arrange near the projection surface 14b of each fly eye lens element corresponding to above-mentioned dimming part S1-8 and dimming part Sc. Therefore, as for the shielding member B1, B-2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, and Bc, it is desirable to arrange, as shown in drawing 5 (B). Drawing 5 (B) is the figure which looked at shielding member S1-8 and shielding member Sc, and the fly eye lens projection surface 14b from the direction (downstream of the illumination

light) of +Y.

[0091]

In order for shielding member S1-8 and shielding member Sc to shade the illumination light from a lens element which originates in a polarization conversion component and worsens the illumination homogeneity of the illumination light on the reticle R1 and to contribute to the improvement in illumination homogeneity of the illumination light on the reticle R1, it can be concluded that at least a part of illumination uneven solving means of this invention is constituted.

[0092]

By the way, since the illumination heterogeneity of the illumination light on the reticle R1 which originates in a polarization conversion component by providing shielding member S1-8 and Sc can be prevented thoroughly, the holding method of a polarization conversion component (1/2 wavelength-plate 12 a-h) is not limited to the above-mentioned composition, but can also be considered as various composition. However, in order to press down to the minimum the width of dimming part E1-8 produced in the fly eye lens entrance plane 14a, and Ec, to hold down the number of the fly eye lens elements which shade to the minimum and to press down the loss of the amount of illumination light to the minimum, it is preferred to adopt the above-mentioned method as a holding method of a polarization conversion component.

[0093]

The locating position of shielding member S1-8 and Sc, When it does not necessarily restrict near the projection surface 14b of the fly eye lens 14 like the above and the conjugate side of the projection surface 14b (namely, pupil surface 15) exists between the reticles R from the fly eye lens 14 in illumination-light study system ILS, it is good also as what is arranged to the conjugate side.

[0094]

The aggravation of illumination homogeneity on \*\*\*\* shown in drawing 6 (B) and the reticle R1 is generated in order that the illuminance distribution of the illumination light in one lens element of the fly eye lens 14 may change steeply. When the amount distribution of illumination light on the one entrance plane 14a of lens element 145 grade is so steep that it cannot equalize by the illumination light from other lens elements in the reticle R1, either, it becomes impossible that is, to disregard the aggravation of illumination homogeneity on the reticle R1.

[0095]

Then, it becomes possible [ the thing of the illumination light on the reticle R1 to do for illumination equalization ] also by carrying out composition of illumination-light study system ILS to the composition that the luminous energy distribution does not change steeply, in the entrance plane 14a of 14 of a fly eye lens.

[0096]

Specifically The composition of illumination-light study system ILS especially the zoom optical systems 5 and 6 in drawing 1, the diffraction optical element 9a, it is good to optimize the composition of the relay lens 11, polarization conversion component 12 a-h, and the fly eye lens 14, and to give a certain amount of divergence to illumination-luminous-flux IL in the position of polarization conversion component 12 a-h. By this, the boundary part (dimming part) of polarization conversion component (1/2 wavelength plate) 12 a-h will fade to some extent, and will be projected on the fly eye lens entrance plane 14a by the interaction of the transpiration of the above-mentioned light flux, and the distance from polarization conversion component 12 a-h to the fly eye lens entrance plane 14a.

[0097]

And if the blurred width of the dimming part S55 is set to the width of each lens element 145 grade which constitutes the fly eye lens 14 more than comparable as shown in drawing 6 (B), it becomes possible to be fully able to reduce the steepness of the luminous energy distribution (grade of extinction) of the dimming part S55, therefore to keep good the illumination homogeneity of the illumination light on the reticle R1. The blurred width of the dimming part S55 is the slice width at the time of saying half breadth and slicing the dimming part S55 based on the average value of average amount I<sub>lin</sub> of illumination light1 in the entrance plane 14a of the fly eye lens 14, and the light volume of the maximum dark space of the dimming part S55 here.

[0098]

Therefore, by optimizing the composition of illumination-light study system ILS, and giving a certain amount of divergence to illumination-luminous-flux IL in the position of polarization conversion component 12 a-h, The composition which increases the blurred width of the dimming part S55 on the entrance plane 14a of a fly eye lens can also be regarded as constituting at least a part of illumination uneven solving means of this invention for canceling the illumination heterogeneity of the illumination light on the 1st object (reticle R) produced by a polarization conversion component.

[0099]

It cannot be overemphasized that this composition is employable combining other above-mentioned illumination uneven solving means.

As mentioned above, the inside of the illumination light which is distributed over the entrance plane of the fly eye lens 14a in illumination-light study system ILS according to this invention, The polarization direction can make the polarization condition of the illumination light distributed over the specific zona-orbicularis field between predetermined circumradii from a predetermined inradius the linear polarized light which was substantially in agreement with the circumferential direction of the circle centering on optic-axis AX2 of illumination-light study system ILS.

[0100]

And since these polarization conditions are saved also in the light flux which ejected the fly eye lens 14, Also in the illumination-light study system pupil surface 15 where the projection surface 14b of the fly eye lens 14 is arranged, The polarization direction can make the polarization condition of the illumination light distributed over the specific zona-orbicularis field between predetermined circumradii from a predetermined inradius among the illumination light distributed there the linear polarized light which was substantially in agreement with the circumferential direction of the circle centering on optic-axis AX2 of illumination-light study system ILS.

[0101]

The illumination light paid to the position which is [ prescribed distance ] separated from illumination-light study system optic-axis AX2 in the illumination-light study system pupil surface 15 in installments will have the predetermined degree of incidence angle, and

will be irradiated by the reticle R. This is explained using drawing 7 (A), drawing 7 (B), and drawing 7 (C).

[0102]

Drawing 7 (A) is a perspective view showing the pupil surface 15 of illumination-light study system ILS in drawing 1, and a relation with the reticle R in simple, and the relay lens 16 in drawing 1, the condenser lens 18, and 20 grades are omitting it. On the reticle R, the longitudinal direction is parallel to the direction of Y, and minute pattern PX which has periodicity in the direction of X, and the minute pattern PY which the longitudinal direction is parallel to the direction of X, and has periodicity in the direction of Y are formed.

[0103]

Drawing 7 (B) shows some sectional views in ZX side of the schematic illustration shown in drawing 7 (A). Only the predetermined angle range centering on the incidence angle  $\phi$  inclines as illumination-light ILL1 in drawing 7 (B), and the illumination light distributed over the ILL section of a left-in-the-figure end among specific zona-orbicularis field IL0 on the pupil surface 15 in drawing 7 (A) enters into the reticle R. The value of the sine of this incidence angle  $\phi$  is proportional to the distance of the center position of zona-orbicularis field IL0 from illumination system optic-axis AX41.

[0104]

the illumination light distributed over specific zona-orbicularis field IL0 on the pupil surface 15 by the illumination-light study system (illumination optical device) of this invention like the above-mentioned — the circumferential direction of specific zona-orbicularis field IL0 — \*\* — since it is parallel linear polarized light, polarization condition EF of illumination-light ILL1 becomes what is called S polarization. It is the polarization in which S polarization is synonymous with S polarization defined by general optics, and a polarization direction is vertical to it here to the field, i.e., ZX side, containing the direction of movement of illumination-light ILL1, and the normal (namely, illumination-light study system optic-axis AX41) to the reticle R which is an irradiated object.

[0105]

By illuminating pattern PX which has a stretcher in the direction of Y and has periodicity in the direction of X by such incidence direction of illumination-light ILL1, the incidence angle  $\phi$ , and polarization condition EF1, although the contrast etc. of the image of pattern PX projected via the projection optical system 25 are improved, it can do. However, since the Reason is explained by the patent-documents 1 grade, explanation is omitted here.

[0106]

Although the expedient upper graphic display of explanation is omitted, at drawing 7 (B), it cannot be overemphasized that the illumination light which ejected the zona-orbicularis field ILR also from upper right direction to the reticle R is irradiated. And the polarization condition is also S polarization.

[0107]

Drawing 7 (C) shows some sectional views in the YZ surface of the schematic illustration shown in drawing 7 (A). Only the predetermined angle range centering on the above-mentioned incidence angle  $\phi$  inclines as illumination-light ILD1 in drawing 7 (C), and the illumination light distributed over the ILD section of a figure Nakashita end among zona-orbicularis field IL0 on the pupil surface 15 in drawing 7 (A) enters into the reticle R.

[0108]

the illumination light distributed over the figure Nakashita end ILD in specific zona-orbicularis field IL0 on the pupil surface 15 — the circumferential direction of specific zona-orbicularis field IL0 — \*\* — since it is parallel linear polarized light, polarization condition EF2 of illumination-light ILD1 as well as the above becomes S polarization. And the incidence direction of illumination-light ILL1, the incidence angle  $\phi$ , and polarization condition EF2 have a stretcher in the direction of X, to the pattern PY which has periodicity in the direction of Y, are preferred and can improve the contrast etc. of the image of the pattern PY projected via the projection optical system 25.

[0109]

The left edge part (the direction end of -X) ILL in specific zona-orbicularis field IL0 on the pupil surface 15 in drawing 7 (A) assumed by the above explanation, The right end section (the direction end of +X) ILR, the lower end part (the direction end of -Y) ILD, etc., It corresponds to the illumination light which penetrated the component corresponding to the polarization conversion components 12a, 12b, 12c, and 12d arranged to the both ends of the direction of X of inside, such as drawing 2 (A), and the both ends of the direction of Y among polarization conversion component (1/2 wavelength plate) 12 a-h etc. which were shown in drawing 2 (A) etc.

[0110]

On the other hand, on the reticle R, as shown in drawing 7 (A), not only the pattern in which the longitudinal direction corresponds in the direction of X or the direction of Y but a pattern which the longitudinal direction rotated 45 degrees in general from the direction of X and the direction of Y may exist. And to such a pattern, the polarization conversion components 12e, 12f, 12g, and 12h shown in drawing 2 (A) etc. become effective especially.

[0111]

However, among the patterns which exist on the reticle R, an important pattern, for example, the most detailed pattern, is limited to the pattern which has a stretcher in the direction of X, or the direction of Y, and especially, if it is \*\*, Receive the illumination light from other polarization conversion components 12e, 12f, 12g, and 12h to these patterns in the illumination light from the more effective polarization conversion components 12a, 12b, 12c, and 12d.

In order to make it increase relatively, the surface ratio of polarization conversion component 12 a-h in drawing 2 (A) etc. can also be changed.

[0112]

Namely, it is not polarization conversion component 12 a-h arranged at a given equal angle focusing on optic-axis AX2 shown in drawing 2 (A) etc., By increasing the central angle about the polarization conversion components 12a, 12b, 12c, and 12d, by increasing area and decreasing the central angle about the polarization conversion components 12e, 12f, 12g, and 12h, it is good to change the arrangement so that area may be decreased.

[0113]

It cannot be overemphasized that the number of polarization conversion component 12 a-h, i.e., the number of division centering on optic-axis AX2 to a specific zona-orbicularis field, is not necessarily restricted comparatively for the 8 above-mentioned minutes, and



it is divided into more fields, and it may be made to arrange more polarization conversion components side by side.

[0114]

By the way, in an above embodiment, explained on the assumption that the amount distribution of illumination light formed in the pupil surface 15 of illumination-light study system ILS of drawing 1 was an above-mentioned specific zona-orbicularis field, i.e., apply to zona-orbicularis Lighting Sub-Division, but. Lighting Sub-Division conditions realizable with the illumination optical device and projection aligner of this invention are not necessarily limited to zona-orbicularis Lighting Sub-Division. Namely, since polarization conversion component 12 a-h sets the polarization condition of the illumination light distributed in the specific zona-orbicularis field within the pupil surface 15 of an illumination-light study system as the polarization condition of the above-mentioned request, Even if it is a case where distribution of the illumination light is restricted in the still more specific subregion in the specific zona-orbicularis field, it cannot be overemphasized that the linear polarized light which has a polarization direction parallel to the circumferential direction of the specific zona-orbicularis field is convertible for the illumination light used as the main ingredients.

[0115]

Thus, what is necessary is exchanging the diffraction optical element 9a in drawing 1, and making it just centralize the diffracted light (illumination light) generated from another diffraction optical element on the specific discrete field on polarization conversion component 12 a-h, in order to condense the illumination light only in the still more specific field in a specific zona-orbicularis field. Although the part on which the illumination light is centralized is two in the polarization conversion component 12c in drawing 2 (A), and 12d, for example, it may be made to concentrate on the arbitrary parts of natural arbitrary polarization conversion components, and the position over polarization conversion component a-h may be made to condense it.

[0116]

The number of a condensing position may also be four pieces. And what is necessary is just to opt for selection of the position and the number according to the form of the pattern made into the exposure object on the reticle R.

By the way, it may be more desirable to set the luminous energy distribution to 0 substantially, since the illumination light distributed in addition to the above-mentioned condensing position is not suitable for exposure of a pattern made into the above-mentioned exposure object. On the other hand, according to manufacture errors, such as the diffraction optical element 9a, etc., the diffracted light (henceforth "error light") may occur besides the direction of desired, and the illumination light may be distributed from the diffraction optical element 9a etc. besides the above-mentioned condensing position. Then, a diaphragm can be further provided in the projection surface side of the fly eye lens 14 of drawing 1, and it can also have composition which shades this error light, for example. Thereby, the amount distribution of illumination light of those other than the condensing field of the above-mentioned plurality can be thoroughly set to 0.

[0117]

However, on the reticle R, patterns other than the pattern made into the above-mentioned exposure object also exist, and since the above-mentioned error light may be effective in the image formation of the pattern besides these objects, it may not need to set the amount distribution of illumination light of those other than a condensing field to 0 necessarily.

[0118]

By the way, although it is zona-orbicularis Lighting Sub-Division or deformation illumination and the illumination light with which the reticle R1 is irradiated was explained in the above-mentioned embodiment only supposing considering it as S polarization to the reticle R, In a actual illumination optical device and projection aligner, to change somewhat freely the Lighting Sub-Division conditions and polarization conditions to an irradiated object (the 1st object), such as the reticle R, is needed.

[0119]

Here, change of Lighting Sub-Division conditions is looked like [ exchange arrangement of the above-mentioned diffraction optical elements 9a and 9b etc., and the zoom optical systems 5 and 6 ], and change for change and zona-orbicularis Lighting Sub-Division of the Lighting Sub-Division sigma value, 2 pole Lighting Sub-Division, and 4 pole Lighting Sub-Division is more possible for it. Thereby, the sigma value of illumination luminous flux can be considered as 0.4 or less-about small sigma Lighting Sub-Division, for example.

[0120]

Such illumination light of small sigma does not receive the polarization conversion operation by a polarization conversion component in order to penetrate the about two optic axis AX in drawing 2 (A), without penetrating \*\*\*\* polarization conversion component 12 a-h shown in drawing 2 (A). Therefore, although illumination-light IL will maintain the polarization condition at the time of ejecting from the light sources 1, such as laser, almost as it is and will enter into the reticle R, depending on the kind and directivity of a pattern of the reticle R1, its linear polarized light of the direction of Y may be preferred, and its random polarization light may be preferred.

[0121]

So, in the illumination optical device and the projection aligner of this invention, the polarization control component 4 is formed into illumination-light study system ILS, and, thereby, change of the polarization condition of the illumination light irradiated by the reticle R1 is enabled.

[0122]

A center [ illumination-light study system optic-axis AX1 ], for example, the polarization control component 4 is 1/2 pivotable wavelength plate, and makes switchable the illumination light to penetrate by change of the arrangement angle at X polarization light or Y polarization light. This becomes possible to change the polarization condition on the reticle R1 of the above-mentioned smallness sigma illumination light to X polarization light and Y polarization light.

[0123]

Or as the polarization control component 4, to illumination system light flux IL, the element which cancels the polarizability of the illumination light further can also be arranged so that attach/detach is possible. Thereby, also in the illumination optical device and projection aligner of this invention, also when it faces illuminating the reticle R1 and random polarization Lighting Sub-Division is needed, it can respond. As an element which cancels polarizability, the wavelength plate and optical rotation component from which the thickness differs according to the position within a field can be used, for example. It is good also as illumination light of the pattern to the wafer W top substantially equivalent to random polarization in imaging characteristic by making the illumination light into circular light, using 1/4 wavelength plate etc. as the substitution.

[0124]

Thus, when the illumination light is made into random polarization and the polarization conversion component of this invention consists of  $1/2$  wavelength-plate 12 a-h, the thing [ changing the polarization condition of the random illumination light into the state except random substantially ] does not exist. However, it can originate in a polarization conversion component, and can generate, and polarization conversion component 12 a-h can also be evacuated out of the optical path of the Lighting Sub-Division conception at the time of large sigma Lighting Sub-Division use for the Reason for improving further the illumination heterogeneity of the illumination light on the reticle R which remains slightly etc.

[0125]

This holds further the polarization conversion component 12a in drawing 1, and the maintaining structure 13 holding b by an unillustrated switchboard style, for example, and can realize them with the attach/detach mechanism in which the polarization conversion component 12a and b are evacuated by the drive of this switchboard style out of the optical path of every maintaining structure 13 and an illumination-light study system.

[0126]

To or maintenance 13 a-h holding polarization change component 12 a-h shown in drawing 2 (A) and drawing 2 (B) as an attach/detach mechanism. A movable mechanism which becomes movable for example, to optic-axis AX2 in a radial direction about polarization change component 12 a-h can be given, and polarization change component 12 a-h can also be considered as the composition which can be evacuated out of a lighting optical path.

[0127]

In an above embodiment, although the laser light source as the light source 1 shall eject the linear polarized light which polarized in the direction of X, the polarization condition of illumination-luminous-flux IL ejected from a light source is not restricted to this. For example, if it is a light source which ejects the linear polarized light which polarized in the direction of Y, with  $1/2$  wavelength plate etc. It is also possible to change into the linear polarized light which polarized in the direction of X and use this, and if it is a light source which ejects circular light, it is also possible to use it with  $1/4$  wavelength plate etc., changing this into the linear polarized light which polarized in the direction of X. However, as for the illumination light ejected from the light source 1, it is desirable that it is the illumination light convertible into linear polarization with a wavelength plate etc. in this way, i.e., the illumination light of a single polarization condition.

[0128]

However, it is enough if it is a light source in which there is no necessity of being a single polarization condition, thoroughly, for example, a polarization ratio ejects the linear polarization which is about not less than 80%. In the bad light source of a polarization ratio, the effect of this invention of improving the contrast of the projection image of a minute pattern, etc. using linear polarization is no longer acquired fully from this.

[0129]

For example, when the light source 1 is what emits the illumination light which is circular light, it can also have composition which maintains the polarization condition of the circular light almost as it is, and leads the illumination light to the polarization conversion component 12a in drawing 1, etc. In that case, the illumination light which penetrated each polarization conversion component 12 a-h can be made into the polarization condition of the above-mentioned request by using  $1/4$  wavelength plate as polarization conversion component 12 a-h.

[0130]

Thus, without being limited to  $1/2$  wavelength plate, polarization conversion component 12 a-h of this invention is possible also for using the wavelength plate of other conditions according to the polarization condition of the illumination light, and can also use further the material which has the optical rotation of crystal etc. besides a wavelength plate. In this case, the material in which dextrorotation or levo-rotatory optical rotation differs, and the material in which thickness differs are used about each of two or more polarization conversion components. The illumination light which penetrates each polarization conversion component should just be changed into the linear polarized light which has a polarization direction parallel to the circumferential direction of the circle centering on optic-axis AX2.

[0131]

Therefore, various kinds of optical members can be used for polarization conversion component 12 a-h of this invention, without being limited to a wavelength plate.

Next, with reference to drawing 8, it explains per example of the manufacturing process of the semiconductor device which uses the projection aligner of the above-mentioned embodiment.

[0132]

Drawing 8 shows an example of the manufacturing process of a semiconductor device, and the wafer W is first manufactured from the silicon semiconductor etc. in this drawing 8. Then, in [ apply photoresist on the wafer W (Step S10), and ] the following step S12, A reticle (temporarily referred to as R1) is loaded on the reticle stage of the projection aligner of the above-mentioned embodiment (drawing 1), the wafer W is loaded on a wafer stage, and the pattern (it expresses with the mark A) of the reticle R1 is transferred to all shot region SE on the wafer W with a scanning exposure manner (exposure). In this case, double exposure is performed if needed.

[0133]

The wafer W is a wafer (12-inch wafer) 300 mm in diameter, and the size of shot region SE is a rectangular area whose width of a scanning direction the width of a non-scanning direction is 33 mm in 25 mm as an example. Next, in Step S14, a predetermined pattern is formed in each shot region SE of the wafer W by performing development and etching, an ion implantation, etc.

[0134]

Next, in Step S16, photoresist is applied on the wafer W, and it is SUTETSU after that.

In PU S18, load a reticle (temporarily referred to as R2) on the reticle stage of the projection aligner of the above-mentioned embodiment (drawing 1), and the wafer W is loaded on a wafer stage. The pattern (it expresses with the mark B) of the reticle R2 is transferred to each shot region SE on the wafer W with a scanning exposure manner (exposure). And in Step S20, a predetermined pattern is formed in each shot region of the wafer W by performing the development of the wafer W and etching, an ion implantation, etc.

[0135]



Only the number of times required for the above exposure process – pattern formation process (Step S16 – Step S20) to manufacture a desired semiconductor device is repeated. And semiconductor device SP as a product is manufactured by passing through the dicing process (Step S22) and bonding process which separate each chip CP on the wafer W one by one, a packaging process (Step S24), etc.

[0136]

According to the device manufacturing method of this example, since it is exposing with the projection aligner of the above-mentioned embodiment, where the utilization efficiency of the illumination light (exposure beam) is raised, in an exposure process, a reticle can be illuminated by a predetermined polarization condition. Therefore, since the resolution of the periodic pattern of a fine pitch, etc., etc. are improving, it becomes possible more by high integration to manufacture highly efficient Integrated Circuit Sub-Division inexpensive by a high throughput.

[0137]

The projection aligner of the above-mentioned embodiment includes the illumination-light study system and projection optical system which comprise two or more lenses in the main part of an exposure device, and carries out optical adjustment. It can manufacture by attaching to the main part of an exposure device the reticle stage and wafer stage which consist of many machine parts, and connecting wiring and piping, and also carrying out comprehensive adjustments (electric adjustment, operation confirming, etc.). As for manufacture of the projection aligner, it is desirable to carry out in the clean room where temperature, an air cleanliness class, etc. were managed.

[0138]

This invention is applicable not only to a scanning exposure type projection aligner but a one-shot exposure [ , such as a stepper, ] type projection aligner. The magnifications of the projection optical system used may be not only reducing magnification but actual size, and magnifying power. this invention — an International Publication (WO) — it is applicable also to the immersion photolithography system indicated by the 99th / No. 49504.

[0139]

Without being limited to the exposure device for semiconductor device manufacture as a use of the projection aligner of this invention, For example, the exposure device for display devices, such as a liquid crystal display element formed in a square-shaped glass plate, or a plasma display, It is widely applicable also to the exposure device for manufacturing various devices, such as image sensors (CCD etc.), a micro machine, a thin film magnetic head, and a DNA chip. This invention is applicable also to the exposure process (exposure device) at the time of manufacturing the masks (a photo mask, a reticle, etc. containing an X-ray mask) in which the mask pattern of various devices was formed using a photolithography process.

[0140]

Of course, various composition can be taken in the range which this invention is not limited to an above-mentioned embodiment, and does not deviate from the summary of this invention.

[Industrial applicability]

[0141]

According to the device manufacturing method of this invention, while being able to raise the utilization efficiency of an exposure beam (illumination light), a prescribed pattern can be formed with high precision. Therefore, various devices, such as Integrated Circuit Sub-Division, can be manufactured by high throughput (throughput) with high precision.

[Brief Description of the Drawings]

[0142]

[Drawing 1] It is the figure which cut and lacked the part which shows the outline composition of the projection aligner of an example of the embodiment of this invention.

[Drawing 2] The figure with which (A) looked at the 1st embodiment, such as the polarization conversion component 12a, in the direction of +Y, and (B) are sectional views which meet the AA' line of drawing 2 (A).

[Drawing 3] The figure with which (A) looked at the 2nd embodiment, such as the polarization conversion component 12a, in the direction of +Y, and (B) are sectional views which meet the AA' line of drawing 3 (A).

[Drawing 4] The figure with which (A) looked at the 1st or 2nd embodiment, such as the polarization conversion component 12a, in the direction of +Y, and (B) are the figures which looked at the entrance plane 14a of the fly eye lens 14 in the direction of +Y.

[Drawing 5] The figure with which (A) looked at the fly eye lenses 14, such as the polarization conversion component 12a, to + Z direction, and (B) are the figures which looked at the projection surface 14b of the shielding member B1 grade and the fly eye lens 14 in the direction of -Y.

[Drawing 6] The figure with which (A) explains that the illuminance distribution on the reticle R1 is equalized with the fly eye lens 14. They are a figure with which (B) explains that the illuminance distribution on the reticle R1 becomes uneven-ization by the dimming part S5 on the fly eye lens entrance plane 14a, and a figure, as for (C), the illuminance distribution on the reticle R1 explains it to be to be equalized according to increase of the width of the dimming part S55 on the fly eye lens entrance plane 14a.

[Drawing 7] The perspective view in which (A) shows the pupil surface 15 of illumination-light study system ILS of drawing 1 and a relation with the reticle R in simple, the figure with which (B) looked at a part of drawing 7 (A) in the direction of +Y, and (C) are the figures which looked at a part of drawing 7 (A) in the direction of -X.

[Drawing 8] It is a figure showing an example of the lithography process for manufacturing a semiconductor device using the projection aligner of the embodiment of this invention.

[Explanations of letters or numerals]

[0143]

R [ — An illumination system optic axis, 1 / — A light source, 4 / — A polarization control component, 9a, 9b / — A diffraction optical element, 12a 12b / — A polarization control component, 13 / — A polarization control member holding mechanism, 14 / — A fly eye lens, 25 / — Projection optical system, ] — A reticle, W — A wafer, ILS — An illumination-light study system, AX2

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[0142]

[Drawing 1] It is the figure which cut and lacked the part which shows the outline composition of the projection aligner of an example of the embodiment of this invention.

[Drawing 2] The figure with which (A) looked at the 1st embodiment, such as the polarization conversion component 12a, in the direction of +Y, and (B) are sectional views which meet the AA' line of drawing 2 (A).

[Drawing 3] The figure with which (A) looked at the 2nd embodiment, such as the polarization conversion component 12a, in the direction of +Y, and (B) are sectional views which meet the AA' line of drawing 3 (A).

[Drawing 4] The figure with which (A) looked at the 1st or 2nd embodiment, such as the polarization conversion component 12a, in the direction of +Y, and (B) are the figures which looked at the entrance plane 14a of the fly eye lens 14 in the direction of +Y.

[Drawing 5] The figure with which (A) looked at the fly eye lenses 14, such as the polarization conversion component 12a, to + Z direction, and (B) are the figures which looked at the projection surface 14b of the shielding member B1 grade and the fly eye lens 14 in the direction of -Y.

[Drawing 6] The figure with which (A) explains that the illuminance distribution on the reticle R1 is equalized with the fly eye lens 14, They are a figure with which (B) explains that the illuminance distribution on the reticle R1 becomes uneven-ization by the dimming part S5 on the fly eye lens entrance plane 14a, and a figure, as for (C), the illuminance distribution on the reticle R1 explains it to be to be equalized according to increase of the width of the dimming part S55 on the fly eye lens entrance plane 14a.

[Drawing 7] The perspective view in which (A) shows the pupil surface 15 of illumination-light study system ILS of drawing 1 and a relation with the reticle R in simple, the figure with which (B) looked at a part of drawing 7 (A) in the direction of +Y, and (C) are the figures which looked at a part of drawing 7 (A) in the direction of -X.

[Drawing 8] It is a figure showing an example of the lithography process for manufacturing a semiconductor device using the projection aligner of the embodiment of this invention.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

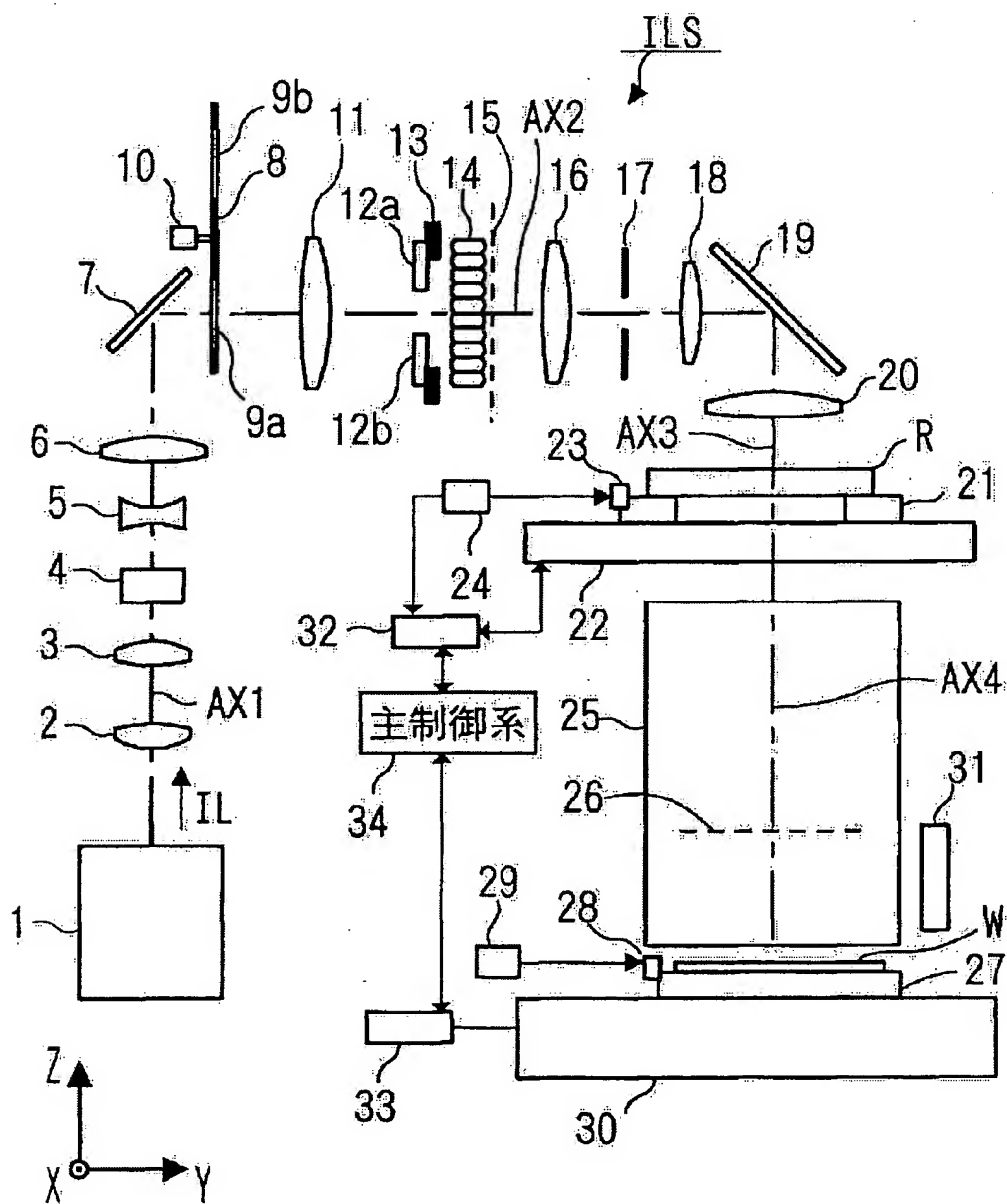
3.In the drawings, any words are not translated.

---

DRAWINGS

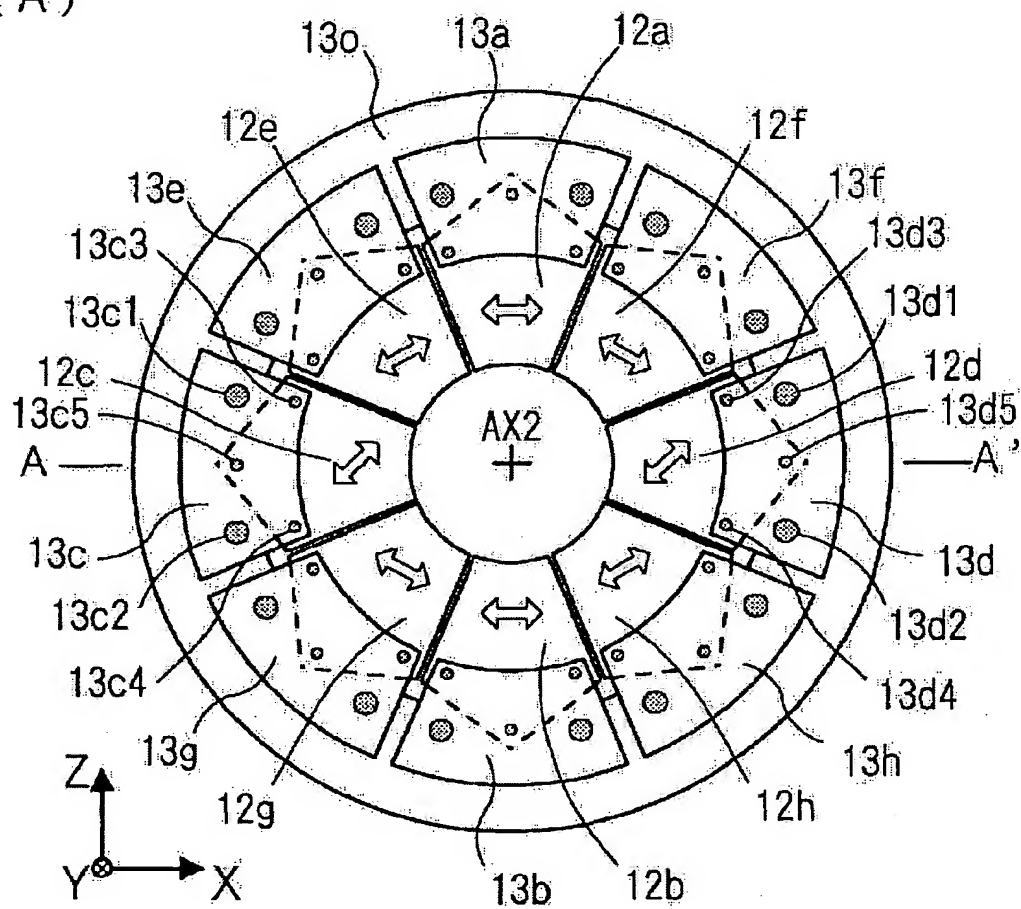
---

[Drawing 1]

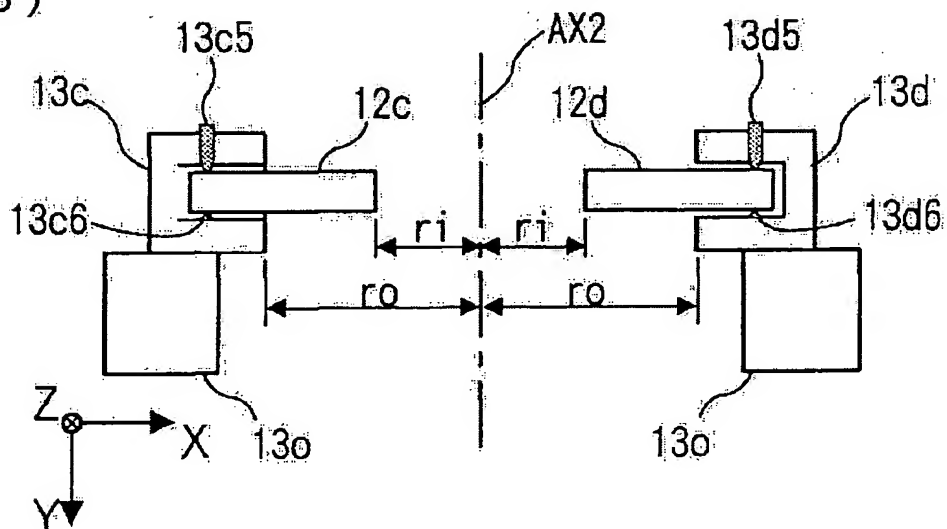


[Drawing 2]

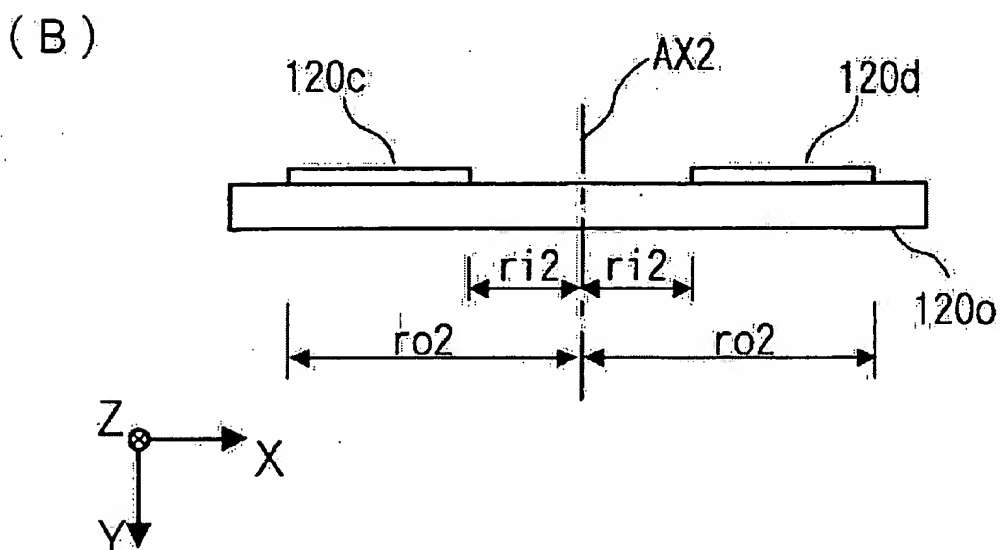
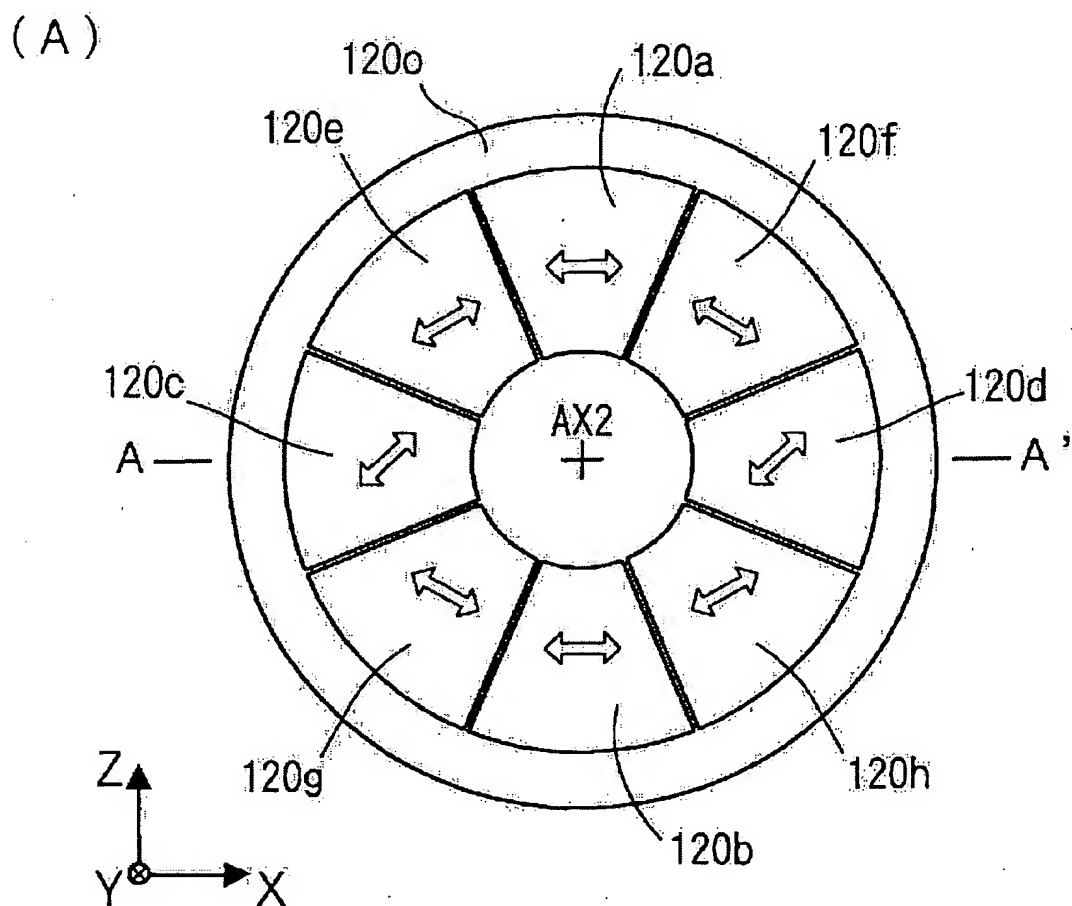
(A)



(B)



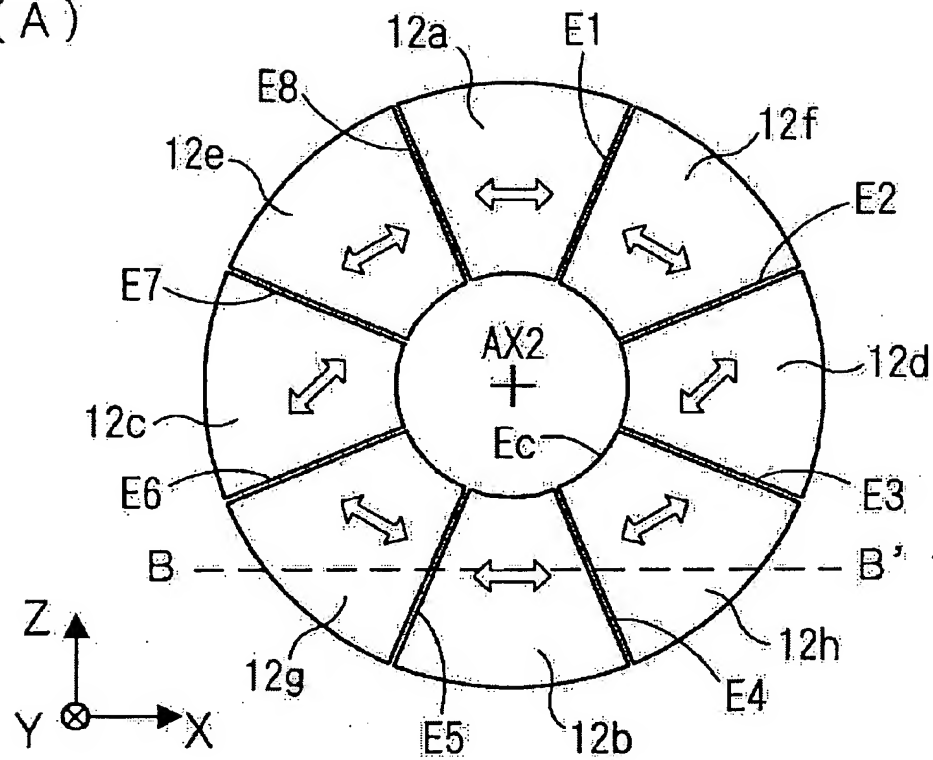
[Drawing 3]



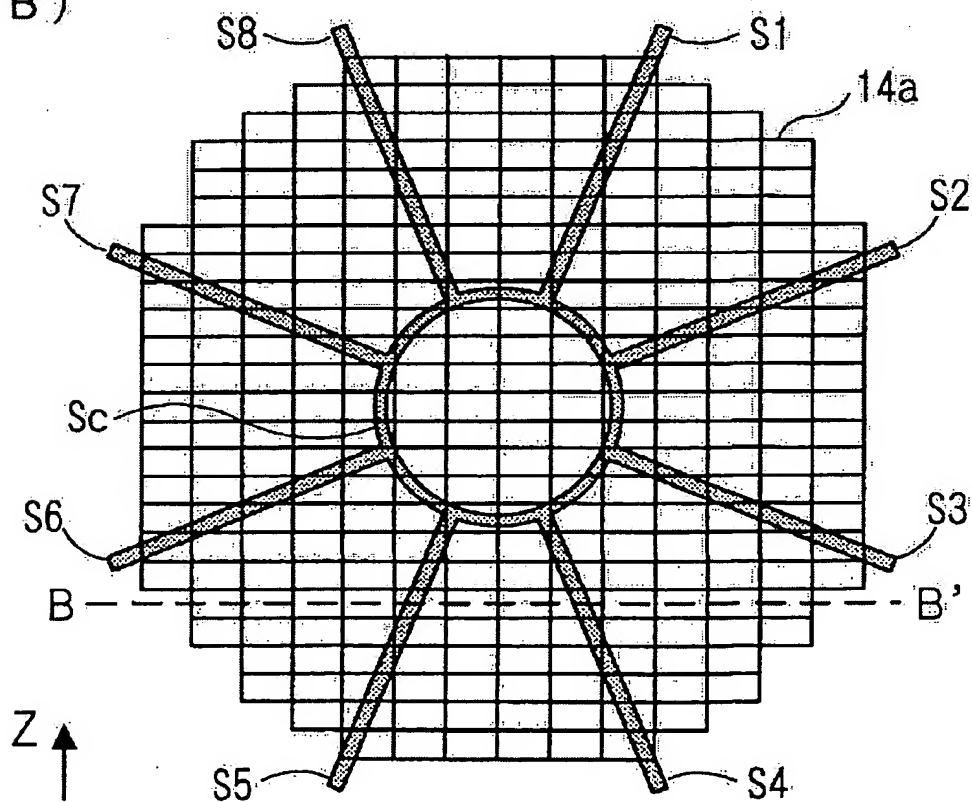
[Drawing 4]



(A)

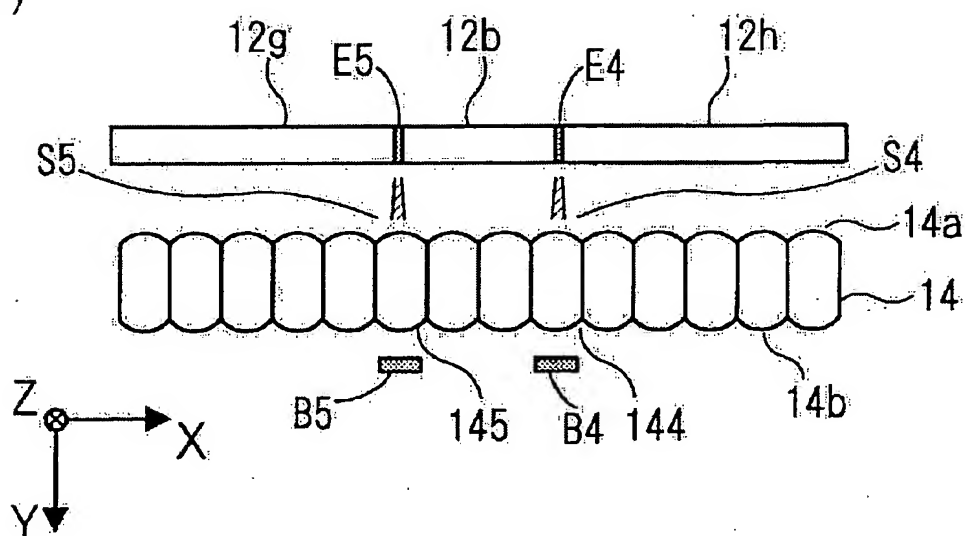


(B)

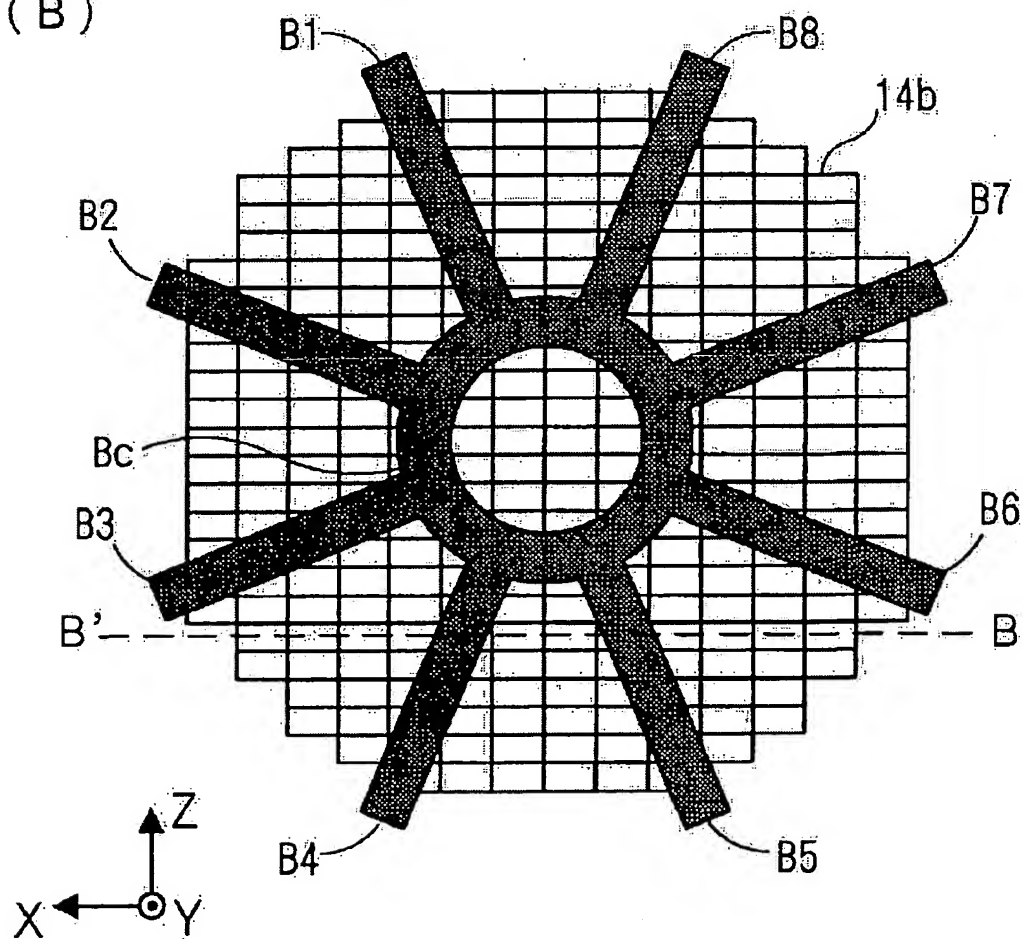


[Drawing 5]

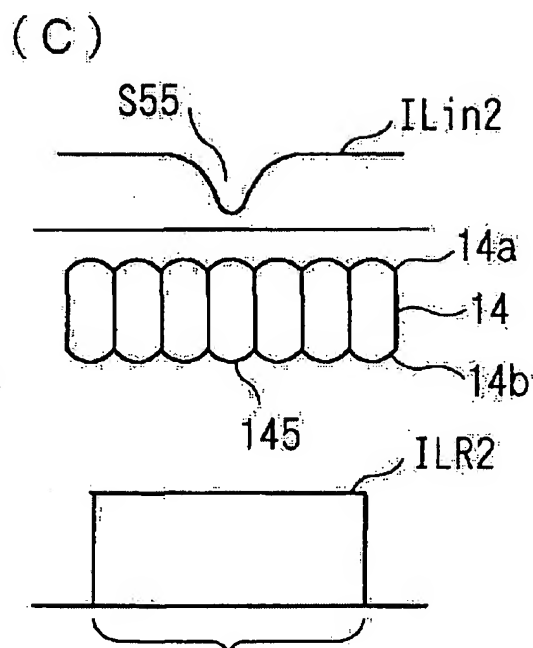
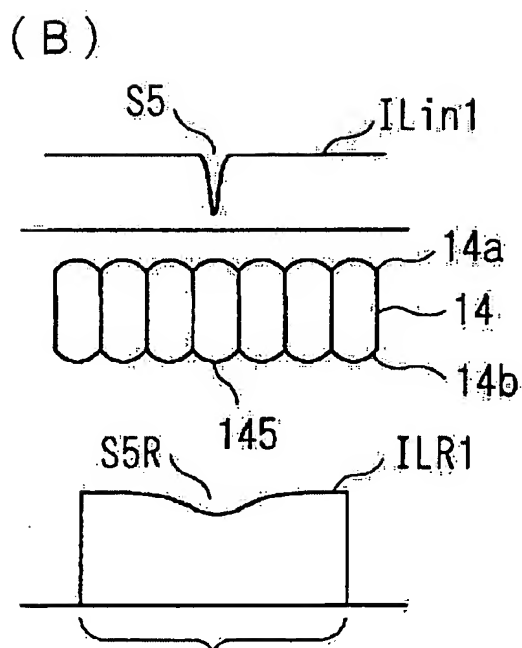
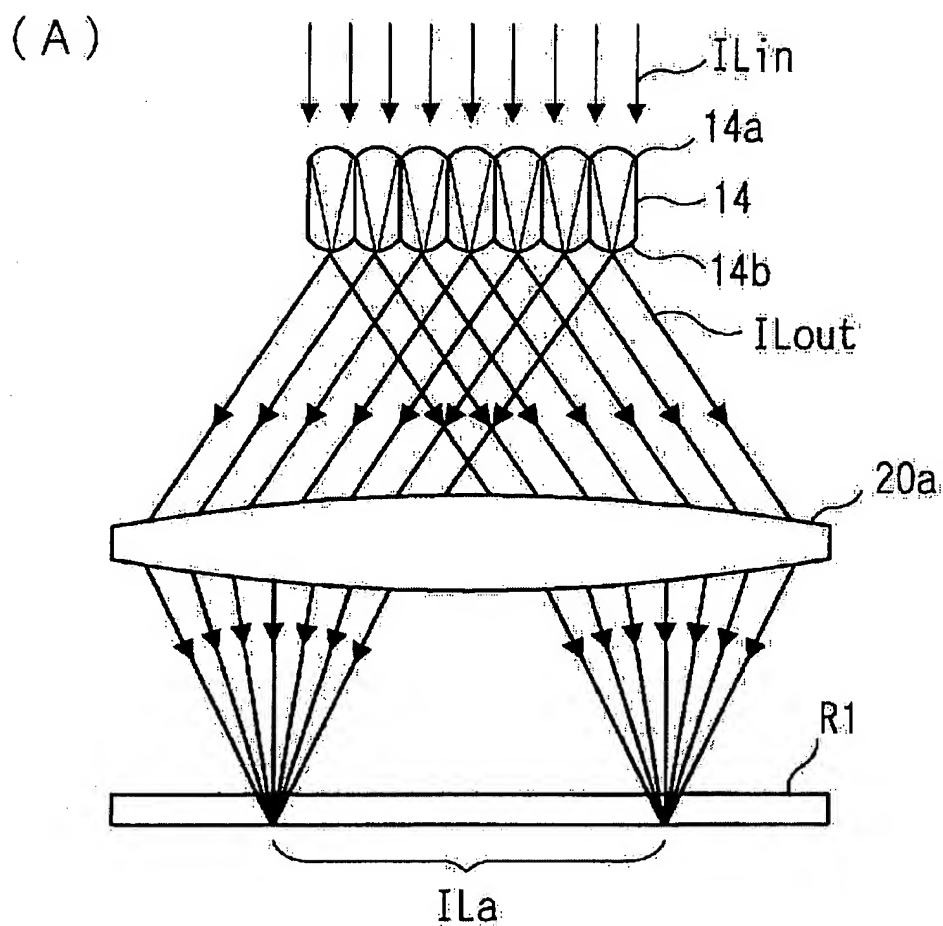
(A)



(B)

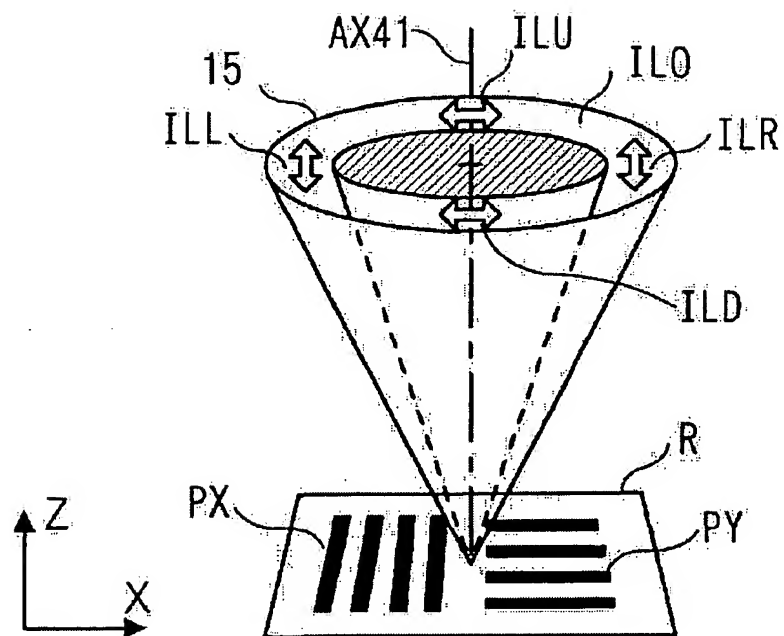


[Drawing 6]

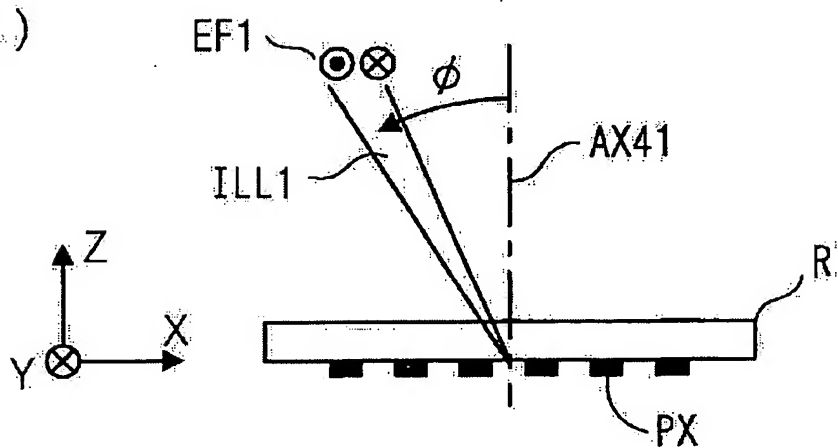


[Drawing 7]

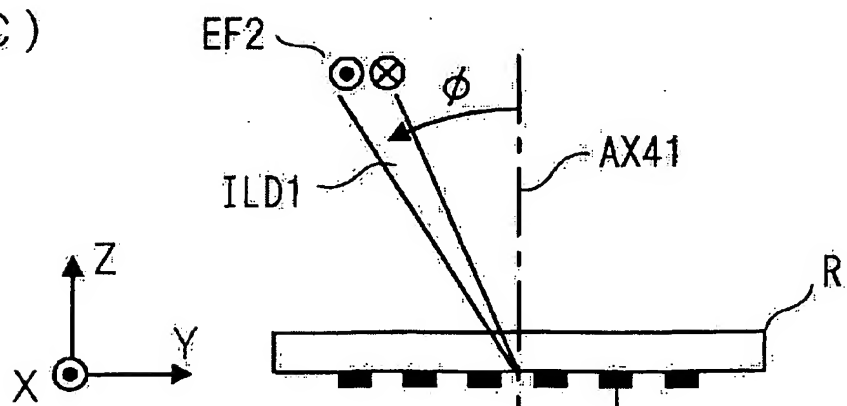
(A)



(B)

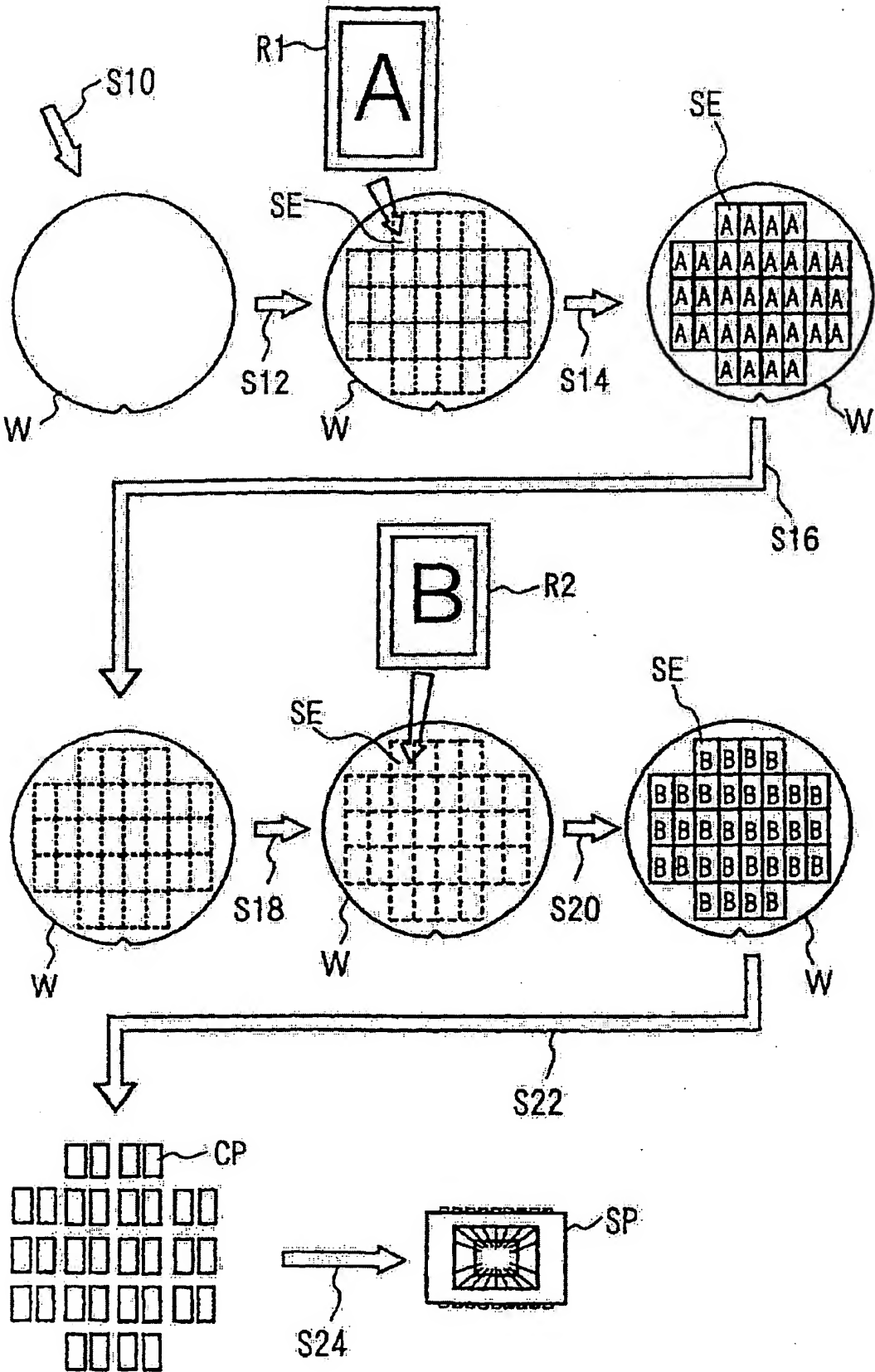


(C)



[Drawing 8]





---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-166871

(P2005-166871A)

(43) 公開日 平成17年6月23日(2005.6.23)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H01L 21/027  
G03F 7/20

F1

H01L 21/30 527  
G03F 7/20 521  
H01L 21/30 515D

テーマコード(参考)

5F046

審査請求 未請求 請求項の数 19 O L (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2003-402584 (P2003-402584)  
(22) 出願日 平成15年12月2日(2003.12.2)

(71) 出願人 000004112  
株式会社ニコン  
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号  
(74) 代理人 100078189  
弁理士 渡辺 隆男  
(74) 代理人 100119839  
弁理士 大澤 圭司  
(72) 発明者 白石 直正  
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株  
式会社ニコン内  
Fターム(参考) 5F046 BA04 BA05 CA04 CB01 CB02  
CB12 CB13 CB23

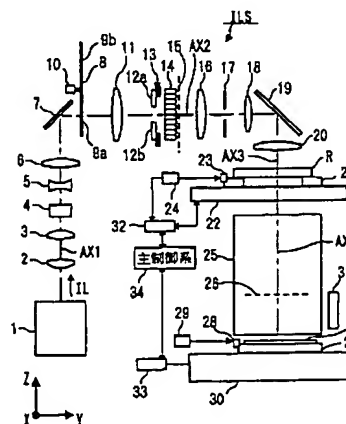
(54) 【発明の名称】 照明光学装置、投影露光装置、露光方法及びデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 輪帯照明等の変形照明において、その照明光の偏光状態をS偏光とする際に、照明光の光量損失を低減し、かつ被照射物体上の照明光の照度不均一性を低減する照明光学系及び投影露光装置を提供する。

【解決手段】 照明光学系中に、照明光の偏光状態を所望の偏光状態に変換する偏光変換部材と、上記偏光変換部材に起因して生じる被照射物体上の照明光の照度不均一性を低減する照度不均一解消手段を備える。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

光源からの照明光を照明光学系を介して第1物体に照射する照明光学装置であって、  
前記光源は、前記照明光を実質的に単一の偏光状態で生成し、  
前記照明光学系は、前記第1物体上に照射する照明光の照度を実質的に均一化するため  
照度均一化部材と、

前記照度均一化部材より前記光源側に配置され、前記照明光学系の光軸に垂直な所定の  
面内における所定の輪帯相当領域である特定輪帯領域に分布する前記照明光の偏光状態を  
、所定の偏光状態に変換する偏光変換部材と、

前記偏光変換部材により生じる、前記第1物体上の前記照明光の照度不均一性を解消す  
るための、照度不均一解消手段を備えることを特徴とする照明光学装置。

## 【請求項2】

前記照明光のうち、前記特定輪帯領域を透過し所定の入射角度範囲で前記第1物体に照  
射される特定照明光を、S偏光を主成分とする偏光状態の照明光とすることを特徴とする  
請求項1に記載の照明光学装置。

## 【請求項3】

前記特定輪帯領域に分布する前記照明光の前記所定の偏光状態が、前記照明光学系の前  
記光軸を中心とする円周方向の直線偏光光を主成分とする偏光状態であることを特徴とす  
る請求項1または2に記載の照明光学装置。

## 【請求項4】

前記所定の面は、前記照明光学系中の前記第1の物体に対するフーリエ変換面であるこ  
とを特徴とする請求項1から3のいずれか一項に記載の照明光学装置。

## 【請求項5】

前記第1物体に照射される前記照明光を、前記特定輪帯領域内に分布する光束に制限す  
る光束制限部材を有することを特徴とする請求項1から4のいずれか一項に記載の照明光  
学装置。

## 【請求項6】

前記光束制限部材は、前記光束をさらに前記特定輪帯領域内の実質的に離散的な複数の  
領域内に制限することを特徴とする請求項5に記載の照明光学装置。

## 【請求項7】

前記光束制限部材は、前記光源と前記偏光変換部材の間に設ける回折光学素子を含むこ  
とを特徴とする請求項5または6に記載の照明光学装置。

## 【請求項8】

前記偏光変換部材は、基準方向が異なる複数の波長板を、前記照明光学系の前記光軸と  
垂直な面内のそれぞれ異なる位置に配置したものであることを特徴とする請求項1から7  
のいずれか一項に記載の照明光学装置。

## 【請求項9】

前記偏光変換部材に入射する前記照明光は直線偏光光を主成分とする照明光であり、前  
記波長板は1/2波長板であることを特徴とする請求項8に記載の照明光学装置。

## 【請求項10】

前記偏光変換部材に入射する前記照明光は円偏光光を主成分とする照明光であり、前記  
波長板は1/4波長板であることを特徴とする請求項8に記載の照明光学装置。

## 【請求項11】

前記照度不均一解消手段は、前記複数の波長板を前記照明光の光路外で保持する保持機  
構を含むことを特徴とする請求項8から10のいずれか一項に記載の照明光学装置。

## 【請求項12】

前記照度不均一解消手段は、前記複数の波長板を保持する、前記照明光に対して透明な  
基板を含むことを特徴とする請求項8から10のいずれか一項に記載の照明光学装置。

## 【請求項13】

前記照度均一化部材は、フライアイレンズであることを特徴とする請求項1から12のいずれか一項に記載の照明光学装置。

【請求項14】

前記照度不均一解消手段は、前記フライアイレンズの射出側面近傍またはその共役面において、前記偏光変換部材を構成する前記複数の波長板の境界部分に相当する部分の光束を遮蔽する部材であることを特徴とする請求項13に記載の照明光学装置。

【請求項15】

前記照度不均一解消手段は、前記偏光変換部材を構成する前記複数の波長板の境界部分により前記フライアイレンズの入射側面に形成される照度低下部分の幅を、前記フライアイレンズを構成する各レンズエレメントの幅以上に広げることにより、前記第1物体上の前記照明光の照度不均一性を解消する機能を含むことを特徴とする請求項13または14に記載の照明光学装置。

【請求項16】

前記偏光変換部材を、前記照明光の光路外に退避せしめる装脱機構を有することを特徴とする請求項1から15のいずれか1項に記載の照明光学装置。

【請求項17】

第1物体を照明する照明光学装置として請求項1から16のいずれか1つに記載の照明光学装置を有するとともに、前記第1物体上のパターンを第2物体上に投影する投影光学系を有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項18】

請求項17に記載の投影露光装置を用いて、前記第1物体としてのマスクのパターンの像で前記第2物体としての感光体を露光することを特徴とする露光方法。

【請求項19】

リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法であって、

前記リソグラフィ工程で請求項18に記載の露光方法を用いてパターンを感光体に転写することを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば半導体集積回路(LSI等)、撮像素子、又は液晶ディスプレイ等の各種デバイスを製造するためのリソグラフィ工程で使用される露光技術に関し、更に詳しくはマスクパターンを所定の偏光状態の光で照明する露光技術に関する。また、本発明はその露光技術を用いるデバイス製造技術に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体集積回路又は液晶ディスプレイ等の電子デバイスの微細パターンの形成に際しては、形成すべきパターンを4～5倍程度に比例拡大して描画したマスクとしてのレチクル(又はフォトマスク等)のパターンを、投影光学系を介して被露光基板(感光体)としてのウエハ(又はガラスプレート等)上に縮小して露光転写する方法が用いられている。その露光転写に際して、ステッパ等の静止露光型及びスキニング・ステッパ等の走査露光型の投影露光装置が用いられている。投影光学系の解像度は、露光波長を投影光学系の開口数(NA)で割った値に比例する。投影光学系の開口数(NA)とは、露光用の照明光のウエハへの最大入射角の正弦( $\sin$ )に、その光束の通過する媒質の屈折率を乗じたものである。

【0003】

従って、半導体集積回路等の微細化に対応するために、投影露光装置の露光波長は、より短波長化されてきた。現在、露光波長はKrFエキシマーレーザーの248nmが主流であるが、より短波長のArFエキシマーレーザーの193nmも実用化段階に入りつつある。そして、更に短波長の波長157nmのF2レーザーや、波長126nmのAr2レーザー等の、いわゆる真空紫外域の光源を使用する投影露光装置の提案も行なわれている。また、短波長化のみでなく、投影光学系の大開口数化(大NA化)によっても高解像

度化は可能であるので、投影光学系をより一層大NA化するための開発もなされており、現在の最先端の投影光学系のNAは、0.8程度である。

【0004】

一方、同一の露光波長、同一NAの投影光学系を使用しても、転写されるパターンの解像度を向上する技術として、いわゆる位相シフトレチクルを用いる方法や、照明光のレチクルへの入射角度分布を所定分布に制御する輪帯照明、2極照明、及び4極照明などのいわゆる超解像技術も実用化されている。

【0005】

それらの中で、輪帯照明は、照明光のレチクルへの入射角度範囲を所定角度範囲に制限する、即ち照明光学系の瞳面における照明光の分布を、照明光学系の光軸を中心とする所定の輪帯領域内に限定することにより、解像度及び焦点深度の向上に効果を発揮するものである（例えば特開昭61-91662号公報参照）。一方、2極照明、4極照明は、入射角度範囲だけではなく、レチクル上のパターンが特定の方向性を有するパターンである場合に、照明光の入射方向についてもそのパターンの方向性に対応した方向に限定することで、解像度及び焦点深度を大幅に向上するものである（例えば特開平4-101148号公報、特開平4-225357号公報参照）。

【0006】

なお、レチクル上のパターンの方向に対して照明光の偏光状態を最適化して、解像度及び焦点深度を向上する試みも提案されている。この方法は、照明光を、パターンの周期方向に直交する方向に、即ちパターンの長手方向に平行な方向に偏光方向（電場方向）を有する直線偏光光とすることにより、転写像のコントラスト等を向上するものである（例えば、非特許文献1参照）。

【0007】

また、輪帯照明においても、照明光の偏光方向を、照明光学系の瞳面において照明光が分布する輪帯領域においてその円周方向と合致させ、投影像の解像度やコントラスト等を向上させようとする試みも提案されている（例えば、特許文献1参照）。

【特許文献1】特開平6-53120号公報

【非特許文献1】Timothy A. Brunner, et al.: "High NA Lithographic imaging at Brewster's angle", SPIE (米国) Vol.4691, pp.1-24(2002)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

上記の如き従来の技術において、輪帯照明を行う場合に照明光学系の瞳面において、照明光の偏光状態を輪帯領域の円周方向に実質的に一致する直線偏光光にしようとすると、照明光量の損失が多くなり、照明効率が低下するという問題があった。

【0009】

これに関して詳述すると、近年主流である狭帯化KrFエキシマーレーザー光源から射出される照明光は一樣な直線偏光光である。これをそのままの偏光状態を保ってレチクルに導くなら、レチクルは一樣な直線偏光光で照明されるため、上記のような照明光学系の瞳面の輪帯領域の円周方向に一致する直線偏光光を実現することができないことは言うまでもない。

【0010】

なお、上述の特許文献1では、直線偏光光のレーザー光源を使用し、照明光学系中のレチクルパターンに対してフーリエ変換の関係になる面内（すなわち瞳面内）に、所定の概輪帯領域、2極領域または4極領域のみに分布する照明光束を透過する空間フィルターを配置し、その空間フィルターの各透過部に、相互にその光学軸の方向が回転した複数の1/2波長板を配置することにより、照明光の光量損失無く照明光の偏光状態を照明光学系光軸を中心とした円周方向に実質的に一致させた直線偏光光を実現することが提案されている。

【0011】

しかしながら、特許文献1に開示された上記複数の1/2波長板の配置位置である上記フーリエ変換面は、照度均一化手段であるフライアイレンズの射出側面と概ね一致する面となっている。そして、このような照明光束に対しても有効に機能する1/2波長板は、その照明光束の大きな開き角（入射角）に対応するために、極めて薄い波長板とする必要があり、その加工が難しいという課題がある。

【0012】

なお、特許文献1は、照明光束を上記フーリエ変換面において所定の4箇所の領域に分布させる照明（4極照明）の実施形態において、上記複数の1/2波長板をフライアイレンズより光源側に配置しても良い旨を開示している。また、フライアイレンズより光源側においては一般に照明光の開き角が小さいため、1/2波長板への入射角度特性の要求は緩和されることになる。

【0013】

ただし、輪帯照明に対して、上記複数の1/2波長板をフライアイレンズより光源側に配置すると、レチクル面における照明光束の照度不均一性（照度ムラ）を生じやすい。輪帯照明では、フライアイレンズは照明光学系中の瞳面上で連続して配置される必要があり、この結果、上記複数の波長板の境界領域や保持機構等により遮光等され、照度の均一性が悪化した照明光がフライアイレンズに入射することになるため、レチクル面においてもその悪影響が残存するためである。

【0014】

本発明は、このような課題に鑑みてなされたものであり、レチクル等のマスクを所定の偏光状態の照明光で照明するに際し、光量損失を少なくし、かつ良好な照度均一性を達成できる露光技術を提供することを第1の目的とする。

【0015】

更に本発明は、照明光学系の瞳面上の輪帯、2極、又は4極等の領域における照明光の偏光状態を所定の状態に設定するに際して、照明光量の低下を少なくでき、その結果として処理能力を殆ど低下させることなく解像度を向上できる露光技術を提供することを第2の目的とする。

【0016】

また、本発明は、上記露光技術を用いて、高性能のデバイスを高い処理能力で製造できるデバイス製造技術を提供することをも目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0017】

本発明による第1の照明光学装置は、光源（1）からの照明光を照明光学系（ILS）を介して第1物体（R）に照射する照明光学装置であって、その光源は、その照明光を実質的に単一の偏光状態で生成し、その照明光学系は、その第1物体上に照射する照明光の照度を実質的に均一化するため照度均一化部材（14）と、その照度均一化部材より光源側に配置され、その照明光学系の光軸（AX2）に垂直な所定の面内における所定の輪帯相当領域である特定輪帯領域に分布する前記照明光の偏光状態を、所定の偏光状態に変換する偏光変換部材（12a等）と、その偏光変換部材により生じる、第1物体上の照明光の照度不均一性を解消するための、照度不均一解消手段（B1等）を備えるものである。

【0018】

斯かる本発明によれば、例えばその偏光変換部材の材質、厚さ及び形状をそれぞれ所定のものとすることによって、その光源から射出された照明光のうちで、その特定輪帯領域を通過する照明光の偏光状態を、所定の偏光状態に変換することが可能である。

また、偏光変換部材を照度均一化部材より光源側に配置することとしたため、偏光変換部材を透過する照明光束の開き角、すなわち偏光変換部材への入射角を小さくすることができる。その結果、偏光変換部材の選択の自由度が増大してその実現性を高め、光量損失の殆ど無い状態での、照明光の偏光状態の制御が実現できる。

【0019】

この場合、その照明光のうち、その特定輪帯領域を通過して、所定の入射角度（ $\phi$ ）で

その第1物体に照射される特定照明光(ILL1, IL D1等)を、S偏光を主成分とする偏光状態の照明光とすることができる。

【0020】

また、その特定輪帯領域に分布する照明光のその所定の偏光状態を、その照明光学系の光軸を中心とする円周方向の直線偏光光を主成分とする偏光状態であるとしてもできる。そして、その所定の面は、その照明光学系中のその第1物体に対するフーリエ変換面とすることができる。

【0021】

また、その第1物体に照射されるその照明光を、実質的にその特定輪帯領域内に分布する光束に制限する光束制限部材(9a, 9b)を有してもよい。また、その光束制限部材は、その光束を更にその特定輪帯領域内の実質的に離散的な複数の領域内に制限してもよい。これらの場合、照明光量を殆ど低下させることなく、輪帯照明、2極照明、又は4極照明等が実現できる。

【0022】

また、その光束制限部材は、一例としてその光源とその偏光変換部材との間に配置される回折光学素子を含むものである。回折光学素子を用いることによって、光量損失を更に減少できる。

【0023】

また、一例として、その偏光変換部材は、基準方向が異なる複数の波長板(12a, 12b等)を、その照明光学系の光軸と垂直な面内のそれぞれ異なる位置に配置したものである。これによって、その複数の波長板を通過した後の照明光の偏光状態を高精度に所定の状態に制御できる。

【0024】

また、一例として、その偏光変換部材に入射する前記照明光は直線偏光光を主成分とする照明光であり、その偏光変換部材としてその照明光学系の光軸と垂直な面内のそれぞれ異なる位置に複数の1/2波長板を配置したものを使用する。

【0025】

あるいは、一例として、その偏光変換部材に入射する前記照明光は円偏光光を主成分とする照明光であり、その偏光変換部材としてその照明光学系の光軸と垂直な面内のそれぞれ異なる位置に複数の1/4波長板を配置したものを使用する。

【0026】

なお、その照度不均一解消手段は、その複数の波長板を、その照明光の光路外で保持する保持機構(13a, 13b等)を含むものとしてすることができる。

また、一例として、その照度不均一解消手段は、前記複数の波長板を保持する、その照明光に対して透明な基板を含むものとしてすることもできる。

【0027】

また、その照度均一化部材は、一例としてフライアイレンズ(14)である。

また、一例として、その照度不均一解消手段を、そのフライアイレンズの射出側面近傍またはその共役面に配置する遮蔽部材(B1等)とする。この遮蔽部材は、そのフライアイレンズの射出側面近傍またはその共役面において、その偏光変換部材を構成する複数の波長板の境界部分に相当する部分の光束を遮蔽する部材であるとしてすることができる。これによって、その第1の物体上のその照明光の照度均一性を一層向上することができる。

【0028】

また、一例として、その照度不均一解消手段を、その偏光変換部材を構成する複数の波長板の境界部分によりそのフライアイレンズの入射面に形成される照度低下部分の幅を、そのフライアイレンズを構成する各レンズエレメントの幅以上に広げることにより、前記第1物体上の前記照明光の照度不均一性を解消するものとする。これによって、その第1の物体上のその照明光の照度均一性を、照明光量の損失無く、一層向上することができる。

【0029】



また、本発明の照明光学装置は、一例として、その偏光変換部材を、その照明光の光路外に退避せしめる装脱機構を備えることもできる。

次に、本発明による露光装置は、第1物体を照明する照明光学装置として本発明の照明光学装置を有し、前記第1物体上のパターンの像を第2物体上に投影する投影光学系(25)を有するものである。本発明によって、第1物体を照明する照明光を、その特定輪帯領域を通過する照明光の偏光状態が、光量損失の殆ど無い状態で、その特定輪帯領域の円周方向を所定の偏光状態とすることができる。

【0030】

また、一例として、その特定輪帯領域を通過し、所定の入射角度範囲でその第1物体に照射される特定照明光を、S偏光を主成分とする偏光状態の照明光とすることができる。これによって、その第1物体上に形成された微細パターンを投影光学系を介して第2物体上に投影する際の結像性能を向上することができる。

【0031】

また、本発明の露光装置における照明光学装置内に光束制限部材を設け、第1物体に照射される照明光を、その特定輪帯領域内に制限してもよい。これにより、その第1物体はほぼ輪帯照明の条件で、かつその輪帯領域の円周方向に一致した偏光方向を有する直線偏光光により照明される。これによりその第1物体上で任意の方向に微細ピッチで配列されたラインアンド・スペース・パターンの投影像は、主に偏光方向がラインパターンの長手方向に平行な照明光によって結像されるため、コントラスト、解像度、焦点深度等の結像特性が改善される。

【0032】

また、その光束制限部材は、第1物体に照射される照明光を、その特定輪帯領域内のさらに特定の実質的に離散的な複数の領域内に制限してもよい。これにより、その第1物体は、2極照明や4極照明等の条件で、かつその離散的な複数の領域の円周方向に一致したの直線偏光光により照明される。これによりその第1物体上で所定の方向に微細ピッチで配列されたラインアンド・スペース・パターンの投影像は、主に偏光方向がラインパターンの長手方向に平行な照明光によって結像されるため、コントラスト、解像度、焦点深度等の結像特性が改善される。

【0033】

次に、本発明による露光方法は、本発明の投影露光装置を用いて、その第1物体としてのマスク(R)のパターンの像でその第2物体としての感光体(W)を露光するものである。本発明によって、その第1物体を輪帯照明、2極照明、又は4極照明等で照明できるとともに、その第1物体に入射する照明光の偏光状態を、マスク上の微細パターンの露光に適した偏光状態とすることができる。従って、光量損失の殆ど無い状態で、マスク上に微細ピッチで形成されたパターンを良好な結像特性で転写できる。

【0034】

また、本発明によるデバイス製造方法は、リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法であって、そのリソグラフィ工程で本発明の露光方法を用いてパターンを感光体に転写するものである。本発明によれば、高い処理能力で、かつ高い結像特性でパターンを転写することができる。

【発明の効果】

【0035】

本発明によれば、偏光変換部材用いて照明光の偏光状態を制御しているため、第1物体(マスク)を所定の偏光状態の照明光で照明する際の光量損失を少なくできる。また、偏光変換部材をフライアイレンズ等の照度均一化手段よりも光源側に配置しているため、偏光変換部材の選択上の制約が少ないという効果がある。

【0036】

更に本発明によれば、偏光変換部材により生じる第1物体上の照明光の照度の不均一性を照度不均一解消手段により解消するため、照度均一性の良好な照明光学装置及び投影露光装置を実現することが可能である。

【0037】

また、更に光束制限部材を用いることによって、第1物体を輪帯照明、2極照明、又は4極照明等で照明する際に、照明光量を殆ど低下させることなく、特定輪帯領域の少なくとも一部の領域を通過する照明光の偏光状態を、その特定輪帯領域の円周方向に平行な直線偏光を主成分とする状態に設定することができる。

【0038】

従って、このような照明光学系を備えた露光装置においては、第1物体上のその直線偏光光の方向に沿って長手方向を有するラインパターンを微細ピッチで配置したパターンを露光する際の結像特性を向上させることができる。さらに、第1物体を輪帯照明で、かつ、特定輪帯領域の少なくとも一部の領域を通過する照明光の偏光状態を、その特定輪帯領域の円周方向に平行な直線偏光光を主成分とする状態の照明光で照射することにより、第1物体上で任意の方向性を有するパターンの結像特性を向上させることができる。

【0039】

また、光束制限部材を用いることによって、照明光量を殆ど低下させることなく上記の輪帯照明、2極照明、又は4極照明等を実現することにより、上記の結像性能向上を、処理能力（スループット）の低下なく実現する投影露光装置及び露光方法を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0040】

以下、本発明の好ましい実施形態の一例につき図面を参照して説明する。本例は、ステップ・アンド・スキャン方式よりなる走査露光型の投影露光装置（スキャニング・ステッパー）で露光を行う場合に本発明を適用したものである。

【0041】

図1は、本例の照明光学装置を含む本例の投影露光装置の概略構成を示す一部を切り欠いた図であり、この図1において、本例の投影露光装置は、光源1、照明光学系1LSと投影光学系2Sとを備えている。このうち光源1と照明光学系1LSは、照明光学装置を構成し、これは本発明の照明光学装置の好ましい実施形態の一例となっている。

【0042】

照明光学系1LSは、光源1（光源）以降のリレーレンズ2からコンデンサーレンズ20までの、光軸（照明系光軸）AX1、AX2、AX3に沿って配置される複数の光学部材を備え（詳細後述）、光源1からの露光ビームとしての露光用の照明光（露光光）1LでマスクとしてのレチクルRのパターン面（レチクル面）の照明視野を均一な照度分布で照明する。すなわち、光源1及び照明光学系1LSは、本例の照明光学装置を構成するものである。後者の投影光学系2Sは、その照明光のもとで、レチクルRの照明視野内のパターンを投影倍率M（Mは例えば1/4、1/5等の縮小倍率）で縮小した像を、被露光基板（基板）又は感光体としてのフォトレジストが塗布されたウエハW上の一つのショット領域上の露光領域に投影する。レチクルR及びウエハWはそれぞれ第1物体及び第2物体ともみなすことができる。ウエハWは、例えば半導体（シリコン等）又はSOI（silicon on insulator）等の直径が200～300mm程度の円板状の基板である。本例の投影光学系2Sは、例えば屈折光学系であるが、反射屈折系なども使用できる。

【0043】

以下、図1において、投影光学系2S、レチクルR、及びウエハWに関しては、投影光学系2Sの光軸AX4に平行にZ軸を取り、Z軸に垂直な平面（XY平面）内で走査露光時のレチクルR及びウエハWの走査方向（図1の紙面に平行な方向）に沿ってY軸を取り、非走査方向（図1の紙面に垂直な方向）に沿ってX軸を取って説明する。この場合、レチクルRの照明視野は、非走査方向であるX方向に細長い領域であり、ウエハW上の露光領域は、その照明視野と共役な細長い領域である。また、投影光学系2Sの光軸AX4は、レチクルR上で照明系光軸AX3と合致している。

【0044】

先ず、露光転写すべきパターンの形成されたレチクルRはレチクルステージ21上に吸

着保持され、レチクルステージ21はレチクルベース22上でY方向に一定速度で移動するとともに、同期誤差を補正するようにX方向、Y方向、Z軸の回りの回転方向に微動して、レチクルRの走査を行う。レチクルステージ21のX方向、Y方向の位置、及び回転角は、この上に設けられた移動鏡23及びレーザ干渉計24によって計測されている。この計測値及び主制御系34からの制御情報に基づいて、レチクルステージ駆動系32はリニアモータ等の駆動機構（不図示）を介してレチクルステージ21の位置及び速度を制御する。レチクルRの周辺部の上方には、レチクルアライメント用のレチクルアライメント顕微鏡（不図示）が配置されている。

【0045】

一方、ウエハWは、ウエハホルダ（不図示）を介してウエハステージ27上に吸着保持され、ウエハステージ27は、ウエハベース30上にY方向に一定速度で移動できるとともに、X方向、Y方向にステップ移動できるように載置されている。また、ウエハステージ27には、不図示のオートフォーカスセンサの計測値に基づいて、ウエハWの表面を投影光学系25の像面に合わせ込むためのZレベリング機構も組み込まれている。ウエハステージ27のX方向、Y方向の位置、及び回転角は、この上に設けられた移動鏡28及びレーザ干渉計29によって計測されている。この計測値及び主制御系34からの制御情報に基づいて、ウエハステージ駆動系33はリニアモータ等の駆動機構（不図示）を介してウエハステージ27の位置及び速度を制御する。また、投影光学系25の近傍には、ウエハアライメントのために、ウエハW上の位置合わせ用マークの位置を検出するオフ・アクシス方式で例えばFIA(Field Image Alignment)方式のアライメントセンサ31が配置されている。

【0046】

本例の投影露光装置による露光に先立って、上記のレチクルアライメント顕微鏡によってレチクルRのアライメントが行われ、ウエハW上に以前の露光工程で回路パターンとともに形成された位置合わせ用マークの位置をアライメントセンサ31で検出することによって、ウエハWのアライメントが行われる。その後、レチクルR上の照明視野に照明光ILを照射した状態で、レチクルステージ21及びウエハステージ27を駆動して、レチクルRとウエハW上の一つのショット領域とをY方向に同期走査する動作と、照明光ILの発光を停止して、ウエハステージ27を駆動してウエハWをX方向、Y方向にステップ移動する動作とが繰り返される。その同期走査時のレチクルステージ21とウエハステージ27との走査速度の比は、投影光学系25を介してのレチクルRとウエハWとの結像関係を保つために、投影光学系25の投影倍率Mと等しい。これらの動作によって、ステップ・アンド・スキャン方式でウエハW上の全部のショット領域にレチクルRのパターン像が露光転写される。

【0047】

次に、本例の照明光学系ILSの構成につき詳細に説明する。図1において、本例の光源1としては、ArF（アルゴンフッ素）エキシマーレーザー（波長193nm）が使用されている。なお、光源1としては、その他にKrF（クリプトンフッ素）エキシマーレーザー（波長248nm）、F2（フッ素分子）レーザー（波長157nm）、又はKr2（クリプトン分子）レーザー（波長146nm）等のレーザー光源なども使用できる。これらのレーザー光源（光源1を含む）は、狭帯化されたレーザー又は波長選択されたレーザーであり、光源1から射出される照明光ILは、上記狭帯化又は波長選択により直線偏光光を主成分とする偏光状態となっている。以下、図1において、光源1から射出された直後の照明光ILは、偏光方向（電場の方向）が図1中のX方向と一致する直線偏光光を主成分とするものとして説明する。

【0048】

光源1を発した照明光ILは、照明系光軸AX1に沿ってリレーレンズ2、3を介して偏光制御機構としての偏光制御部材4（詳細後述）に入射する。偏光制御部材4を発した照明光ILは、凹レンズ5と凸レンズ6との組み合わせからなるズーム光学系（5、6）を経て、光路折り曲げ用のミラー7で反射されて、照明系光軸AX2に沿って回折光学素

子(DOE: Diffractive Optical Element) 9aに入射する。回折光学素子9aは位相型の回折格子からなり、入射した照明光ILは、所定の方向に回折されて進む。

【0049】

後述する通り、光束制限部材としての回折光学素子9aからの各回折光の回折角及び方向は、照明光学系ILSの瞳面15上での照明光ILの位置や、照明光ILのレチクルRへの入射角度及び方向に対応する。また、回折光学素子9a及びそれと異なる回折作用を有する別の回折光学素子9b等がターレット状の部材8上に複数配列されている。そして、例えば主制御系34の制御のもとで交換機構10により部材8を駆動して、部材8上の任意の位置の回折光学素子9a等を照明系光軸AX2上の位置に装填することで、レチクルRのパターンに応じて、レチクルRへの照明光の入射角度範囲及び方向(又は瞳面15での照明光の位置)を、所望の範囲に設定できるように構成されている。また、その入射角度範囲は、上述のズーム光学系(5, 6)を構成する凹レンズ5及び凸レンズ6を、照明系光軸AX1の方向にそれぞれ移動することによって、補助的に微調整することができる。

【0050】

回折光学素子9aを射出した照明光(回折光)ILは、照明系光軸AX2に沿ってリレーレンズ11を経て、本発明の偏光変換部材12a, 12bに入射する。ただし後述する通り、偏光変換部材12a, 12bは、光軸AX2を中心とする所定の輪帯領域上のそれぞれ異なる位置に、複数の分離した偏光変換部材が配置されたものである。そして、光軸AX2の近傍には、偏光変換部材が配置されている必要はないため、照明光束の全てが偏光変換部材12a, 12bに入射する必要はない。

【0051】

偏光変換部材12a, 12bよりレチクルR側には、レチクルR上での照明光ILの照度分布を均一化するためのフライアイレンズ14が配置される。フライアイレンズ14を射出した照明光ILは、リレーレンズ16、視野絞り17、及びコンデンサーレンズ18を経て光路折り曲げ用のミラー19に至り、ここで反射された照明光ILは、照明系光軸AX3に沿ってコンデンサーレンズ20を経てレチクルRを照明する。このように照明されたレチクルR上のパターンは、上述のように投影光学系25によりウエハW上に投影され転写される。

【0052】

なお、必要に応じて視野絞り17を走査型とし、レチクルステージ21及びウエハステージ27の走査に同期して走査することもできる。この場合、その視野絞りを固定視野絞り17と可動視野絞り17とに分けて構成してもよい。

【0053】

この構成において、フライアイレンズ14の射出側の面は照明光学系ILSの瞳面15の近傍に位置している。瞳面15は、瞳面15からレチクルRに至るまでの照明光学系ILS中の光学部材(リレーレンズ16、視野絞り17、コンデンサーレンズ18, 20、及びミラー19)を介して、レチクルRのパターン面(レチクル面)に対する光学的フーリエ変換面として作用する。即ち、瞳面15上の1点を射出した照明光は、概ね平行光束となって所定の入射角度及び入射方向でレチクルRを照射する。その入射角度及び入射方向は、その光束の瞳面15上での位置に応じて定まる。

【0054】

なお、光路折り曲げ用のミラー7, 19は、光学性能的に必須のものではないが、照明光学系ILSを一直線上に配置すると露光装置の全高(Z方向の高さ)が増大するために、省スペース化を目的として照明光学系ILS内の適所に配置したものである。照明系光軸AX1は、ミラー7の反射により照明系光軸AX2と一致し、更に照明系光軸AX2は、ミラー19の反射により照明系光軸AX3と一致する。

【0055】

以下、図2を参照して、図1中の偏光変換部材12a, 12bの第1実施例について説明する。

【0056】

本第1の実施例における偏光変換部材は、一軸結晶等の複屈折材料からなる1/2波長板12a, 12b, 12c, 12d, 12e, 12f, 12g, 12hであり、これらは図2(A)に示す如く、照明光学系光軸AX2を中心として、その周囲にそれぞれ隣接して配置される。これらの1/2波長板12a~hは、その外周であって、照明光束の光路外である部分において、それぞれ保持部材13a, 13b, 13c, 13d, 13e, 13f, 13g, 13hにより保持される。またその保持は、例えば1/2波長板12cについては押えネジ13c1, 13c2, 13c3の3本のネジにより行なわれ、例えば1/2波長板12dについては押えネジ13d1, 13d2, 13d3の3本のネジにより行なわれる。

【0057】

図2(B)は、図2(A)中のA-A'線上での1/2波長板12a~h及び保持部材13a~h等の断面図を表わす。1/2波長板12a~hは、その有効部分が、照明光学系光軸AX2を中心とする内半径riから外半径roまでの輪帯領域(以下「特定輪帯領域」と呼ぶ)をカバーする様に配置される。また、その各形状は、特定輪帯領域内に隙間無く配置可能なように、中心部を欠いた扇形を基本とし、光軸AX2から上記外半径ro以上離れた位置において、上記押えネジ13c1, 13c2, 13c等により保持部材13a~h等により固定され保持される。

【0058】

また、保持部材13a~hは、保持部材13cが押えネジ13c1, 13c2、保持部材13dが押えネジ13d1, 13d2により保持枠13oに個設される如く、それぞれが所定の押えネジにより保持枠13oに個設される。保持部材13a~h、保持枠13o、押えネジ13c1, 13c2, 13c等、及び押えネジ13c1, 13c2等は、一体として、図1中の保持機構13を構成する。

【0059】

照明光束の径は、いわゆる照明 $\sigma$ の変更や、輪帯照明、2極照明、4極照明等の変更により変更されるため固定されたものではないが、最大でも図2(B)中の外半径roは越えない。すなわち、保持部材13a~hは、偏光変換部材である各1/2波長板12a~hを前記照明光の光路外で保持する構成としている。そして、照明光の光路内となる可能性のある光軸AX2を中心とする半径roの範囲内では、1/2波長板12a~hは、それぞれの隣接部に実質的に隙間が生じない様に、かつ、遮光部材となる保持機構を有することなく配置されている。

【0060】

これらの複数の1/2波長板12a~hは、その方向に平行な直線偏光光の位相を、その方向に垂直な直線偏光光の位相の対して半波長ずらしめる方向(以下「基準方向」という)が、それぞれに対応する白抜き矢印で示した如くに、図2(A)の紙面内でそれぞれ異なる方向を向くように配置される。

【0061】

すなわち、1/2波長板12a, 12bについては、その基準方向をZ軸に平行に設定する。波長板12a~hを透過する照明光が、前述の如くX方向の偏光方向(X偏光)を有する場合には、上記基準方向を有する波長板12a, 12bは、照明光の偏光状態を変換することがないため、波長板12a, 12bを透過した照明光は、そのままX偏光を保って射出される。

【0062】

また、1/2波長板12c, 12dについては、その基準方向を上記1/2波長板12a, 12bの基準方向に対して、45度ずれた方向に設定する。このとき、1/2波長板12c, 12dに入射したX偏光光は、偏光状態が変換されてY方向に偏光方向を有する直線偏光光(Y偏光)となって射出する。ここで、Y方向は1/2波長板12c, 12dの位置においては、光軸AXを中心として1/2波長板12c, 12dを通る円の円周方向に一致している。

【0063】

さらに、 $1/2$ 波長板12f、12gについては、その基準方向を上記 $1/2$ 波長板12a、12bの基準方向に対して、右に22.5度回転した方向に設定する。このとき、 $1/2$ 波長板12f、12gに入射したX偏光光は、図2中の座標系で $Z=-X$ で表わされる直線と平行な直線偏光に変換される。そして、 $1/2$ 波長板12e、12hについては、その基準方向を上記 $1/2$ 波長板12e、12hの基準方向に対して、左に22.5度回転した方向に設定する。このとき、 $1/2$ 波長板12e、12hに入射したX偏光光は、図2中の座標系で $Z=X$ で表わされる直線と平行な直線偏光に変換される。

【0064】

なお、これらの各偏光方向は $1/2$ 波長板12f、12g、12e、12hの各位置において、光軸AXを中心として各 $1/2$ 波長板12f、12g、12e、12hを通る円の円周方向に一致している。これにより、各 $1/2$ 波長板12a～hの配置される面内に入射したX方向への直線偏光光のうち、光軸AX2を中心とする内半径 $r_i$ から外半径 $r_o$ の範囲の輪帯領域に分布する照明光は、その偏光方向が光軸AX2を中心とする円の円周方向に実質的に平行な直線偏光に変換されることになる。

【0065】

ここで、上記内半径 $r_i$ および外半径 $r_o$ の実際の長さは、照明すべきレチクルR上の照明視野の大きさ、照明光の必要な開口数、照明光学系ILSの設計方針等によって選択されるべきものであり一概には決まらない。しかし、本発明の照明装置を投影露光装置の照明光学系として使用する場合には、投影露光装置が備える投影光学系25の開口数を勘案して決定するべきである。

【0066】

すなわち、外半径 $r_o$ は、投影光学系25の開口数(NA)に対する照明光の開口数の比であるコヒーレンスファクター $\sigma$ 値が、少なくとも0.8程度以上に相当する照明光束を包含する大きさに設定することが好ましく、内半径 $r_i$ は、上記 $\sigma$ 値が0.4程度の光束を包含する大きさに設定することが好ましい。

【0067】

なお、上記の $1/2$ 波長板12a～hのうち $1/2$ 波長板12a、12cについては、上述の通り、照明光の偏光状態を変換する作用を有する必要はないので、 $1/2$ 波長板でなく、それと同等な厚さを有する石英ガラス等で置き換えることもでき、さらに場合によっては、配置を省略することもできる。

【0068】

ところで、これらの複数の $1/2$ 波長板12a～hは、フライアイレンズ14よりも光源1側(入射側)に配置されるため、 $1/2$ 波長板12a～hの各境界部分において照明光の減光(遮光)が生じると、それに伴う照明光の光量分布の低下は、フライアイレンズ14の入射面上の照明光の光量分布の均一性(照度均一性)を悪化させることになる。そして、この照度均一性の悪化は、照明する対象である第1物体としてのレチクルR上での照度均一性にも悪影響を与えることになる。

【0069】

しかし、本発明においては、上記の如く $1/2$ 波長板12a～hの各境界部分に実質的に隙間が生じない様に、かつ遮光部材となる保持機構を有することの無い構成としたため、フライアイレンズ14の入射面上においても、照明光の照度均一性の悪化を概ね防止することが可能である。その結果、レチクルR上での照明光の照度均一性の悪化も、概ね防止することが可能となる。

【0070】

従って、 $1/2$ 波長板12a～hを各境界部分に実質的に隙間が生じない様に、かつ遮光部材となる保持機構を有することの無い構成とし、すなわち複数の波長板をその照明光の光路外で保持する保持機構13a～hを、偏光変換部材( $1/2$ 波長板12a～h)により生じる、第1物体(レチクルR)上の照明光の照度不均一性を解消するための、本発明の照度不均一解消手段の少なくとも一部を構成すると見ることができる。

【0071】

ここで、上記の実質的に隙間が生じないとは、例えば1/2波長板12a~hの各境界部分に生じる隙間が、上記外半径 $r_0$ の3%程度以下であることをいう。この条件を満たすことにより、上記隙間に伴う遮光作用や、隙間から漏れる好ましい偏光方向ではない照明光が結像特性に与える悪影響を、事実上問題のない程度に低減することが可能となるからである。

【0072】

なお、偏光変換部材の境界部分に起因するレチクルR上の照明光の照度分布の不均一性を解消する手段は、上記の方法に限られる訳ではなく、例えば図3(A)、図3(B)に示す如く、複数の1/2波長板120a、120b、120c、120d、120e、120f、120g、120hを、石英ガラス等の照明光に対して透明な透明基板120oによって保持する構成としても良い。

【0073】

図3(A)は、このような透明基板120o上に貼付けられた複数の1/2波長板120a~hを表わす上面図であり、図3(B)は、図3(A)のA-A'部分での断面を表わす断面図である。この貼付けは、例えば、いわゆるオプティカルコンタクト等の手法を用いるが、必要に応じて露光光に対して透明な接着剤等を使用して貼付けることもできる。

【0074】

図3(A)中の1/2波長板120a~hの各部中に示した白抜き矢印で示したそれぞれの上記基準方向の向きは、図2(A)に示した1/2波長板12a~hのうち対応する位置にあるものの基準方向の向きと一致する。従って本例においても、X偏光光である照明光が、基板120oに保持された1/2波長板120a~hに入射すると、その照明光は、その偏光方向が実施的に光軸AX2を中心とする円の円周方向に一致する直線偏光光に変換されて射出されることになる。

【0075】

また、図3(B)中に示した1/2波長板120a~hの内半径 $r_{i2}$ 、外半径 $r_{o2}$ が満たすべき条件は、図2(B)に示した上記例における内半径 $r_i$ 、外半径 $r_o$ が満たすべき条件と同様である。

【0076】

なお、本例においても、1/2波長板120a、120bを1/2波長板ではなく石英ガラスで構成しても良く、あるいは省略しても良いことは、上記実施例の場合と同様である。また、本例の場合には、光軸AX2近傍、すなわち光軸AX2を中心とする半径 $r_{i2}$ の領域内にも、1/2波長板120a~hと同様な厚さの石英ガラス等を貼合せることができる。

【0077】

本例のような構成としても、各1/2波長板120a~hの境界部の遮光性や境界部から漏れる好ましい偏光方向ではない照明光が結像特性に与える悪影響を、事実上問題のない程度に低減することが可能となり、本例の上記構成も、第1物体(レチクルR)上の照明光の照度不均一性を解消するための、本発明の照度不均一解消手段の少なくとも一部を構成すると見ることができる。

【0078】

ところで、上記各例の1/2波長板は、例えば一軸結晶である水晶により構成することができる。水晶の屈折率は、波長193nmのArFエキシマーレーザー光において常光線の屈折率は1.6638、異常光線の屈折率は1.6774である。水晶中での常光線、異常光線の波長は、真空中波長(193nm)をそれぞれの屈折率で割ったものであるから、それぞれ116.001nm、115.056nmであり、水晶中を1波長分進行する毎に、両光束間に0.945nmの光路差が形成される。従って、1/2波長板を構成するには、水晶の厚さを、61.4(=116.001/2/0.945)波長分進行する厚さに相当する、7.12 $\mu$ mにすればよい。また、この厚さの奇数倍である(2n+1)×7.12 $\mu$ m(nは自然数)の厚さの水晶を使用しても、1/2波長板を構成する

ことができる。

【0079】

1/2波長板を、図2(A)、図2(B)に示した如く保持するには、ある程度の厚さが必要であるため、この場合には、1/2波長板12a~hは上記厚さの奇数倍の厚さとして、その厚さ及び強度を増大させることが好ましい。一方、図3(A)、図3(B)に示した保持方法を採用する場合には、上記いずれの厚さの水晶を使用することもできる。

【0080】

また、図2(A)、図2(B)に示した方法を採用する場合においても、石英ガラス等の上に水晶を貼合せた構成の1/2波長板を採用することもできる。

さらに、1/2波長板の構成は、上記水晶に限定されるものではなく、他の複屈折材料を使用してもよく、蛍石の真性複屈折(Intrinsic Birefringence)を利用して形成することもできる。また、本来複屈折のない合成石英等の材料に応力を加える等して複屈折性を持たせたものを、使用することもできる。その場合においても、1/2波長板を形成するための厚さは、その材料の常光線及び異常光線に対する屈折率から、上記方法を用いて算出することができる。

【0081】

なお、レチクルR上に形成されたパターンが極めて微細である場合や、ウエハW上に露光転写されるパターンのパターン寸法に要求される規格等が極めて厳しい場合には、上記の如く1/2波長板12a~hの各境界部分に実質的に遮光が生じない様な対策を施しただけでは、レチクルR上の照明光の照度均一性を十分に達成できない場合も生じる。

【0082】

そこで、このような場合には、フライアイレンズ14の射出面14bに、フライアイレンズ14を構成する各レンズエレメントのうち、上記1/2波長板12a~hの各境界部分に起因する照度分布の不均一性の生じているレンズエレメントから射出する照明光を遮光するための遮光部材を設け、上記1/2波長板12a~hの境界部分により生じるレチクルR上の照明光量の照度不均一性を、完全に防止する構成とすることも可能である。

【0083】

以下、この構成について、図4、図5、図6を用いて説明する。

図4(A)は、1/2波長板12a~hの構成を示す図であるが、その詳細は、図2(A)または図3(A)に示した上述の1/2波長板12a~h等の構成と同様である。そして、このとき、各1/2波長板12a~hの境界部分には、僅かではあるが遮光性が生じる。

【0084】

図4(B)は、フライアイレンズ入射面14aに、当該1/2波長板の境界部分に起因する減光部分が生じている状態を、-Y方向(照明光の上流側)から見た図である。

各1/2波長板12a~hの境界部であるE1、E2、E3、E4、E5、E6、E7、E8は、それぞれ照明光を減光するため、フライアイレンズ入射面14aに、それぞれ減光領域S1、S2、S3、S4、S5、S6、S7、S8が形成される。また、同面14aには、各1/2波長板12a~hの内側(光軸AX2の近傍側)の境界部に相当する減光領域Scも形成される。

【0085】

図5(A)は、図4(A)及び図4(B)中に示した、B-B'線分位置での各1/2波長板12a~hおよびフライアイレンズ14の断面図を表わす図である。境界部E4、E5による減光部S5、S4は、B-B'線分位置において、それぞれフライアイレンズ14を構成するレンズエレメントであるエレメント144、145上に形成される。従って、エレメント144、145の入射面の照明光は、その照度分布が不均一となる。

【0086】

ここで、フライアイレンズ14の作用について、図6(A)、図6(B)を用いて簡単に説明する。これらの図は、フライアイレンズ14の入射面14aでの照度均一性が、上記の如く所定のエレメント内において著しく不均一である場合の、レチクルR上の照度分



布への影響を説明する図である。

【0087】

図6(A)に示す如く、フライアイレンズ入射面14aに照射される照明光は、各レンズエレメントの集光作用(レンズ作用)により、その射出面14b側に集光される。そして、各エレメントから発散光束として射出され、それらは、レチクルR1等の被照射物体(第1物体)上に、重畳して照射される。すなわち、フライアイレンズ14の各レンズエレメントの入射面とレチクルR1とはそれぞれ結像関係となっており、レチクルR1の照明視野ILa上の照明光量分布は、上記重畳作用によりなされる平均化効果により均一化されることになる。

【0088】

しかしながら、図6(B)に示す如く、レンズエレメント145上に形成される減光部S5が比較的急峻で、かつ光量低下の大きな遮光部である場合には、フライアイレンズ14による平均化効果をもってしても、レチクルR1上の照明視野ILa上の照明光量分布ILR1には、上記減光部S5により生じる減光部S5Rが生じ、その照度を完全には均一化できない場合が生じることになる。

【0089】

そこで、図5(B)に示す如く、フライアイレンズ射出面14bの近傍に、遮光部材B4、B5等を設け、レチクルR1上の照明の照度均一性を悪化させるレンズエレメント144、145等からの照明光を、遮光する構成とすることもできる。

【0090】

遮光部材B4、B5等は、上述の減光部S1~8及び減光部Scに対応する各フライアイレンズエレメントの射出面14bの近傍に配置することが望ましい。従って、遮光部材B1、B2、B3、B4、B5、B6、B7、B8、Bcは、図5(B)に示す如く配置することが望ましい。なお、図5(B)は、遮光部材S1~8及び遮光部材Scとフライアイレンズ射出面14bを、+Y方向(照明光の下流側)から見た図である。

【0091】

遮光部材S1~8及び遮光部材Scは、偏光変換部材に起因してレチクルR1上の照明光の照度均一性を悪化させるレンズエレメントからの照明光を遮光し、レチクルR1上の照明光の照度均一性の向上に寄与するため、本発明の照度不均一解消手段の少なくとも一部を構成すると見ることができる。

【0092】

ところで、遮光部材S1~8、Scを設けることにより、偏光変換部材に起因するレチクルR1上の照明光の照度不均一性は完全に防止できるため、偏光変換部材(1/2波長板12a~h)の保持方法等は、前述の構成に限定されず、さまざまな構成とすることもできる。しかし、フライアイレンズ入射面14aに生じる減光部E1~8、Ecの幅を最小に押さえ、遮光するフライアイレンズエレメントの数を最小に抑え、照明光量の損失を最小限に押さえるためには、偏光変換部材の保持方法として、前述の方法を採用することが好ましい。

【0093】

なお、遮光部材S1~8、Scの配置位置は、上記の如きフライアイレンズ14の射出面14bの近傍に限るわけではなく、照明光学系ILS中のフライアイレンズ14からレチクルRの間に、射出面14bの(すなわち瞳面15)の共役面が存在する場合には、その共役面に配置するものとしても良い。

【0094】

なお、図6(B)に示した如き、レチクルR1上の照度均一性の悪化は、フライアイレンズ14の1個のレンズエレメント内の照明光の照度分布が急峻に変化するために発生するものである。すなわち、1個のレンズエレメント145等の入射面14a上での照明光量分布が、レチクルR1において他のレンズエレメントからの照明光によっても平均化できないほどに急峻である場合に、レチクルR1上の照度均一性の悪化が無視できなくなる。

【0095】

そこで、照明光学系I L Sの構成を、フライアイレンズの14の入射面14aにおいて、その光量分布が急峻に変化しないような構成にすることによっても、レチクルR1上の照明光の照度均一化することも可能となる。

【0096】

具体的には、照明光学系I L Sの構成、特に図1中のズーム光学系5、6、回折光学素子9a、リレーレンズ11、偏光変換部材12a~hおよびフライアイレンズ14の構成を最適化し、偏光変換部材12a~hの位置における照明光束I Lに、ある程度の発散性を持たせると良い。これにより、偏光変換部材(1/2波長板)12a~hの境界部(減光部)は、上記の光束の発散作用と偏光変換部材12a~hからフライアイレンズ入射面14aまでの距離との相互作用により、ある程度ボケてフライアイレンズ入射面14aに投影されることになる。

【0097】

そして、図6(B)に示した如く減光部S55のボケ幅を、フライアイレンズ14を構成する各レンズエレメント145等の幅と同程度以上に設定すると、減光部S55の光量分布(減光の程度)の急峻性を十分に低下させることができ、従って、レチクルR1上での照明光の照度均一性を良好に保つことが可能となる。ここで減光部S55のボケ幅とは例えば半値幅をいい、フライアイレンズ14の入射面14aにおける平均的な照明光量I l i n 1と減光部S55の最暗部の光量との平均値に基づいて、減光部S55をスライスした際のスライス幅である。

【0098】

従って、照明光学系I L Sの構成を最適化し、偏光変換部材12a~hの位置における照明光束I Lに、ある程度の発散性を持たせることにより、フライアイレンズの入射面14a上において、減光部S55のボケ幅を増大させる構成も、偏光変換部材により生じる第1物体(レチクルR)上の照明光の照度不均一性を解消するための、本発明の照度不均一解消手段の少なくとも一部を構成すると見ることができる。

【0099】

また、本構成を、上述の他の照度不均一解消手段と組み合わせて採用することができることは言うまでもない。

以上の様に、本発明によれば、照明光学系I L S中のフライアイレンズ14aの入射面に分布する照明光のうち、所定の内半径から所定の外半径の間の特定輪帯領域に分布する照明光の偏光状態を、その偏光方向が実質的に照明光学系I L Sの光軸A X 2を中心とする円の円周方向に一致した直線偏光光とすることができる。

【0100】

そして、これらの偏光状態は、フライアイレンズ14を射出した光束においても保存されるため、フライアイレンズ14の射出面14bが配置される照明光学系瞳面15においても、そこに分布する照明光のうち、所定の内半径から所定の外半径の間の特定輪帯領域に分布する照明光の偏光状態を、その偏光方向が実質的に照明光学系I L Sの光軸A X 2を中心とする円の円周方向に一致した直線偏光光とすることができる。

【0101】

また、照明光学系瞳面15において照明光学系光軸A X 2から所定距離離れた位置に分納する照明光は、所定の入射角度を持ってレチクルRに照射されることになる。これを図7(A)、図7(B)、図7(C)を用いて説明する。

【0102】

図7(A)は、図1中の照明光学系I L Sの瞳面15とレチクルRとの関係を簡易的に示した斜視図であり、図1中のリレーレンズ16、コンデンサーレンズ18、20等は省略している。レチクルR上には、その長手方向がY方向に平行でありX方向に周期性を有する微細パターンP Xと、その長手方向がX方向に平行でありY方向に周期性を有する微細パターンP Yとが形成されている。

【0103】

図7(B)は、図7(A)に示した略図の、ZX面における断面図の一部を示す。図7(A)中の、瞳面15上の特定輪帯領域ILOのうち、図中左端のILL部に分布する照明光は、図7(B)中の照明光ILL1として入射角 $\phi$ を中心とする所定の角度範囲だけ傾いてレチクルRに入射する。この入射角 $\phi$ の正弦の値は、照明系光軸AX41からの輪帯領域ILOの中心位置の距離に比例する。

【0104】

前述の如く、本発明の照明光学系(照明光学装置)では、瞳面15上で特定輪帯領域ILOに分布する照明光は、特定輪帯領域ILOの円周方向に概平行な直線偏光光であるので、照明光ILL1の偏光状態EF1は、いわゆるS偏光となる。ここでS偏光とは、光学一般で定義されるS偏光と同義であり、照明光ILL1の進行方向と、被照射物体であるレチクルRに対する法線(すなわち照明光学系光軸AX41)とを含む面、すなわちZX面に対して偏光方向が垂直である偏光である。

【0105】

このような照明光ILL1の入射方位、入射角 $\phi$ 及び偏光状態EF1で、Y方向に長手を有しX方向に周期性を有するパターンPXを照明することにより、投影光学系25を介して投影されるパターンPXの像のコントラスト等を向上することができる。ただし、その理由については特許文献1等で説明されているため、ここでは説明は省略する。

【0106】

なお、説明の便宜上図示を省略しているが、図7(B)では、レチクルRに対して右上方からも輪帯領域ILRを射出した照明光が照射されることは言うまでもない。そして、その偏光状態もS偏光である。

【0107】

図7(C)は、図7(A)に示した略図の、YZ面における断面図の一部を示す。図7(A)中の、瞳面15上の輪帯領域ILOのうち、図中下端のILD部に分布する照明光は、図7(C)中の照明光ILD1として上記入射角 $\phi$ を中心とする所定の角度範囲だけ傾いてレチクルRに入射する。

【0108】

瞳面15上の特定輪帯領域ILO中の図中下端部ILDに分布する照明光も、特定輪帯領域ILOの円周方向に概平行な直線偏光光であるので、照明光ILD1の偏光状態EF2も上記と同様にS偏光となる。そして、照明光ILL1の入射方位、入射角 $\phi$ 及び偏光状態EF2は、X方向に長手を有しY方向に周期性を有するパターンPYに対して好適であり、投影光学系25を介して投影されるパターンPYの像のコントラスト等を向上することができる。

【0109】

なお、以上の説明で想定した図7(A)中の瞳面15上の特定輪帯領域ILO中の左端部(-X方向端部)ILL、右端部(+X方向端部)ILR、下端部(-Y方向端部)ILD等は、図2(A)等にした偏光変換部材(1/2波長板)12a~h等のうち、図2(A)等中のX方向の両端及びY方向の両端に配置された、偏光変換部材12a、12b、12c、12dに対応する部材を透過した照明光に対応するものである。

【0110】

一方、レチクルR上には、図7(A)に示した如く、その長手方向がX方向またはY方向に一致するパターンのみではなく、その長手方向がX方向及びY方向から概ね45度回転したようなパターンも存在する場合がある。そして、そのようなパターンに対しては、図2(A)等の中に示した偏光変換部材12e、12f、12g、12hが特に有効となる。

【0111】

ただし、レチクルR上に存在するパターンのうち、特に重要なパターン、例えば最も微細なパターンが、X方向またはY方向に長手を有するパターンに限定されれば、これらのパターンに対してより有効である偏光変換部材12a、12b、12c、12dからの照明光を、他の偏光変換部材12e、12f、12g、12hからの照明光に対して

相対的に増大させるために、図2(A)等における偏光変換部材12a~hの面積比を変更することもできる。

【0112】

すなわち、図2(A)等に示した光軸AX2を中心に均等角度毎に配置された偏光変換部材12a~hではなく、偏光変換部材12a, 12b, 12c, 12dについてはその中心角を増大させることにより面積を増大させ、偏光変換部材12e, 12f, 12g, 12hについてはその中心角を減少させることにより面積を減少させるように、その配置を変更すると良い。

【0113】

なお、偏光変換部材12a~hの数、すなわち特定輪帯領域に対する光軸AX2を中心とする分割の数も、上記の8分割に限るわけではなく、より多くの領域に分割し、より多くの偏光変換部材を並べて配置するようにしても良いことは言うまでもない。

【0114】

ところで、以上の実施形態においては、図1の照明光学系ILSの瞳面15に形成する照明光量分布が上述の特定輪帯領域であること、即ち輪帯照明へ適用することを前提に説明したが、本発明の照明光学装置及び投影露光装置により実現できる照明条件は、必ずしも輪帯照明に限定されるものではない。即ち、偏光変換部材12a~hは、照明光学系の瞳面15内の特定輪帯領域内に分布する照明光の偏光状態を上記所望の偏光状態に設定するものであるから、照明光の分布をその特定輪帯領域内の更に特定の部分領域内に限る場合であっても、その特定輪帯領域の円周方向に平行な偏光方向を有する直線偏光光を主成分とした照明光に変換できることは言うまでもない。

【0115】

このように、照明光を特定輪帯領域内の更に特定の領域内にのみ集光するには、図1中の回折光学素子9aを交換し、別の回折光学素子から発生する回折光(照明光)を、偏光変換部材12a~h上の特定の離散的な領域に集中させるようにすれば良い。照明光を集中させる箇所は、例えば図2(A)中の偏光変換部材12c及び12d内の2箇所であるが、もちろん任意の偏光変換部材の任意の箇所に集中させてよく、また、偏光変換部材a~hを跨ぐ位置に集光させても構わない。

【0116】

また、集光位置の個数も4個であっても構わない。そして、その位置及び個数の選定は、レチクルR上の露光対象とするパターンの形状に応じて決定すれば良い。

ところで、上記の集光位置以外に分布する照明光は、上記の露光対象とするパターンの露光には適さないもので、その光量分布を実質的に0にした方が好ましい場合もある。一方、回折光学素子9a等の製造誤差などによっては、回折光学素子9a等からは所望の方向以外にも回折光(以下「誤差光」という。)が発生し、上記の集光位置以外にも照明光が分布してしまう可能性もある。そこで、例えば図1のフライアイレンズ14の射出面側に、さらに絞りを設けて、この誤差光を遮光する構成とすることもできる。これにより上記の複数の集光領域以外の照明光量分布を完全に0とすることができる。

【0117】

ただし、レチクルR上には上記露光対象とするパターン以外のパターンも存在し、上記誤差光が、これらの対象外のパターンの結像に有効である場合もあるので、必ずしも集光領域以外の照明光量分布を0にする必要がない場合もある。

【0118】

ところで、上記の実施形態においては、レチクルR1に照射する照明光を、輪帯照明または変形照明であってレチクルRに対してS偏光とすることだけを想定して説明したが、実際の照明光学装置や投影露光装置では、レチクルR等の被照射物体(第1物体)への照明条件や偏光状態は、ある程度自由に可変できることが必要とされる。

【0119】

ここで、照明条件の変更は上述の回折光学素子9a, 9b等の交換配置や、ズーム光学系5, 6により、照明 $\sigma$ 値の変更や輪帯照明、2極照明、4極照明への変更が可能であ

る。これにより、例えば照明光束の $\sigma$ 値を0.4程度以下の小 $\sigma$ 照明とすることができる。

【0120】

このような小 $\sigma$ の照明光は、図2(A)に示した如き偏光変換部材12a~hを透過することなく、図2(A)中の光軸AX2近傍を透過するため、偏光変換部材による偏光変換作用を受けない。従って、照明光ILはレーザ等の光源1から射出した際の偏光状態をほぼそのまま保ってレチクルRに入射することになるが、レチクルR1のパターンの種類や方向性によっては、Y方向の直線偏光光が好ましい場合もありランダム偏光光が好ましい場合もある。

【0121】

そこで、本発明の照明光学装置・投影露光装置では、照明光学系ILS中に偏光制御部材4を設け、これにより、レチクルR1に照射される照明光の偏光状態を変更可能としている。

【0122】

偏光制御部材4は、例えば照明光学系光軸AX1を中心に回転可能な1/2波長板であり、その配置角度の変更により、透過する照明光をX偏光光またはY偏光光に切り替え可能とする。これにより、上記小 $\sigma$ 照明光のレチクルR1上での偏光状態をX偏光光及びY偏光光に切り替えることが可能となる。

【0123】

あるいは、偏光制御部材4として、さらに照明光の偏光性を解消する素子を、照明系光束ILに対して装脱可能に配置することもできる。これにより、本発明の照明光学装置・投影露光装置においても、レチクルR1を照明するに際しランダム偏光照明が必要となる場合にも対応する事ができる。なお、偏光性を解消する素子としては、例えば、その厚さが面内の位置に応じて異なる波長板や旋光性部材を用いることができる。また、その代替として1/4波長板等を用いて照明光を円偏光にすることで、ウェハW上へのパターンの結像特性的にはランダム偏光と実質的に等価な照明光としても良い。

【0124】

このように、照明光をランダム偏光とした場合においても、本発明の偏光変換部材が1/2波長板12a~hからなる場合には、その実質的にランダムな照明光の偏光状態を、ランダム以外の状態に変換することは無い。ただし、偏光変換部材に起因して発生し、かつ僅かに残存するレチクルR上の照明光の照度不均一性をさらに改善するため等の理由により、大 $\sigma$ 照明使用時には偏光変換部材12a~hを、照明構想の光路外に退避させることもできる。

【0125】

これは、例えば図1中の偏光変換部材12a, bを保持する保持機構13を、さらに不図示の交換機構により保持し、この交換機構の駆動により、偏光変換部材12a, bを保持機構13ごと、照明光学系の光路外に退避させる装脱機構により実現できる。

【0126】

あるいは、装脱機構として図2(A)及び図2(B)に示した偏光変換部材12a~hを保持する保持13a~hに、偏光変換部材12a~hを例えば光軸AX2に対して放射方向に移動可能となるような可動機構を持たせ、偏光変換部材12a~hを照明光路外に退避可能な構成とすることもできる。

【0127】

以上の実施形態においては、光源1としてのレーザ光源は、X方向に偏光した直線偏光光を射出するものとしたが、光源から射出される照明光束ILの偏光状態はこれに限られるものではない。例えば、Y方向に偏光した直線偏光光を射出する光源であれば1/2波長板等により、これをX方向に偏光した直線偏光光に変換して使用することも可能であり、円偏光を射出する光源であれば1/4波長板等により、これをX方向に偏光した直線偏光光に変換して使用することも可能である。ただし、光源1から射出される照明光は、このように波長板等により直線偏光に変換できる照明光、すなわち単一の偏光状態の照明

光であることが望ましい。

【0128】

ただし、完全に単一の偏光状態である必要は無く、例えば偏光比が80%以上程度の直線偏光を射出する光源であれば十分である。これより偏光比の悪い光源では、直線偏光を使用して微細パターンの投影像のコントラスト等を改善するという本発明の効果が、十分に得られなくなる。

【0129】

なお、例えば光源1が円偏光である照明光を発するものである様な場合には、その円偏光の偏光状態を、ほぼそのまま保って照明光を図1中の偏光変換部材12a等に通く構成とすることもできる。その際には、偏光変換部材12a～hとして1/4波長板を使用することにより、各偏光変換部材12a～hを透過した照明光を、上記所望の偏光状態とすることができる。

【0130】

このように、本発明の偏光変換部材12a～hは、1/2波長板に限定されることなく、照明光の偏光状態に応じて他の条件の波長板を使用することも可能であり、さらに、波長板以外にも、水晶等の旋光性を有する材料を使用することもできる。この場合には、複数の偏光変換部材のそれぞれについて、右旋性または左旋性の旋光性の異なる材料や厚さの異なる材料を使用して、各偏光変換部材を透過する照明光が、光軸AX2を中心とした円の円周方向に平行な偏光方向を有する直線偏光光に変換されるようにすれば良い。

【0131】

従って、本発明の偏光変換部材12a～hは、波長板に限定されることなく各種の光学部材を用いることができる。

次に、上記の実施の形態の投影露光装置を使用した半導体デバイスの製造工程の一例につき図8を参照して説明する。

【0132】

図8は、半導体デバイスの製造工程の一例を示し、この図8において、まずシリコン半導体等からウエハWが製造されている。その後、ウエハW上にフォトリソを塗布し（ステップS10）、次のステップS12において、上記の実施形態（図1）の投影露光装置のレチクルステージ上にレチクル（仮にR1とする）をロードし、ウエハステージ上にウエハWをロードして、走査露光方式でレチクルR1のパターン（符号Aで表わす）をウエハW上の全部のショット領域SEに転写（露光）する。この際に必要に応じて二重露光が行われる。

【0133】

なお、ウエハWは例えば直径300mmのウエハ（12インチウエハ）であり、ショット領域SEの大きさは一例として非走査方向の幅が25mmで走査方向の幅が33mmの矩形領域である。次に、ステップS14において、現像及びエッチングやイオン注入等を行うことにより、ウエハWの各ショット領域SEに所定のパターンが形成される。

【0134】

次に、ステップS16において、ウエハW上にフォトリソを塗布し、その後ステップS18において、上記の実施の形態（図1）の投影露光装置のレチクルステージ上にレチクル（仮にR2とする）をロードし、ウエハステージ上にウエハWをロードして、走査露光方式でレチクルR2のパターン（符号Bで表わす）をウエハW上の各ショット領域SEに転写（露光）する。そして、ステップS20において、ウエハWの現像及びエッチングやイオン注入等を行うことにより、ウエハWの各ショット領域に所定のパターンが形成される。

【0135】

以上の露光工程～パターン形成工程（ステップS16～ステップS20）は所望の半導体デバイスを製造するのに必要な回数だけ繰り返される。そして、ウエハW上の各チップCPを1つ1つ切り離すダイシング工程（ステップS22）や、ボンディング工程、及びパッケージング工程等（ステップS24）を経ることによって、製品としての半導体デバ

イスSPが製造される。

【0136】

本例のデバイス製造方法によれば、上記の実施形態の投影露光装置で露光を行っているため、露光工程において、照明光（露光ビーム）の利用効率を高めた状態で所定の偏光状態でレチクルを照明できる。従って、微細ピッチの周期的なパターン等の解像度等が向上しているため、より高集積で高性能な半導体集積回路を、高いスループットで安価に製造することが可能となる。

【0137】

また、上記の実施形態の投影露光装置は、複数のレンズから構成される照明光学系、投影光学系を露光装置本体に組み込み光学調整をして、多数の機械部品からなるレチクルステージやウエハステージを露光装置本体に取り付けて配線や配管を接続し、更に総合調整（電気調整、動作確認等）をすることにより製造することができる。なお、その投影露光装置の製造は温度及びクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

【0138】

また、本発明は、走査露光型の投影露光装置のみならず、ステッパー等の一括露光型の投影露光装置にも適用することができる。また、使用される投影光学系の倍率は、縮小倍率のみならず、等倍や拡大倍率であってもよい。更に、本発明は、例えば国際公開（WO）第99/49504号などに開示される液浸型露光装置にも適用することができる。

【0139】

また、本発明の投影露光装置の用途としては半導体デバイス製造用の露光装置に限定されなく、例えば、角型のガラスプレートに形成される液晶表示素子、若しくはプラズマディスプレイ等のディスプレイ装置用の露光装置や、撮像素子（CCD等）、マイクロマシーン、薄膜磁気ヘッド、及びDNAチップ等の各種デバイスを製造するための露光装置にも広く適用できる。更に、本発明は、各種デバイスのマスクパターンが形成されたマスク（X線マスクを含むフォトマスク、レチクル等）をフォトリソグラフィ工程を用いて製造する際の、露光工程（露光装置）にも適用することができる。

【0140】

なお、本発明は上述の実施形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得ることは勿論である。

【産業上の利用可能性】

【0141】

本発明のデバイス製造方法によれば、露光ビーム（照明光）の利用効率を高めることができるとともに、所定パターンを高精度に形成できる。従って、半導体集積回路等の各種デバイスを高精度に、かつ高い処理能力（スループット）で製造できる。

【図面の簡単な説明】

【0142】

【図1】本発明の実施形態の一例の投影露光装置の概略構成を示す一部を切り欠いた図である。

【図2】（A）は偏光変換部材12a等の第1の実施例を＋Y方向に見た図、（B）は図2（A）のAA'線に沿う断面図である。

【図3】（A）は偏光変換部材12a等の第2の実施例を＋Y方向に見た図、（B）は図3（A）のAA'線に沿う断面図である。

【図4】（A）は偏光変換部材12a等の第1または第2の実施例を＋Y方向に見た図、（B）はフライアイレンズ14の入射面14aを＋Y方向に見た図である。

【図5】（A）は偏光変換部材12a等及びフライアイレンズ14を＋Z方向に見た図、（B）は遮光部材B1等及びフライアイレンズ14の射出面14bを－Y方向に見た図である。

【図6】（A）はフライアイレンズ14によりレチクルR1上の照度分布が均一化されることを説明する図、（B）はフライアイレンズ入射面14a上の減光部S5によりレチクルR1上の照度分布が不均一化になることを説明する図、（C）はフライアイレンズ入射

面14a上の減光部S55の幅の増大によりレチクルR1上の照度分布が均一化されることを説明する図である。

【図7】(A)は図1の照明光学系ILSの瞳面15とレチクルRとの関係を簡易的に示す斜視図、(B)は図7(A)の一部を+Y方向に見た図、(C)は図7(A)の一部を-X方向に見た図である。

【図8】本発明の実施形態の投影露光装置を用いて半導体デバイスを製造するためのリソグラフィ工程の一例を示す図である。

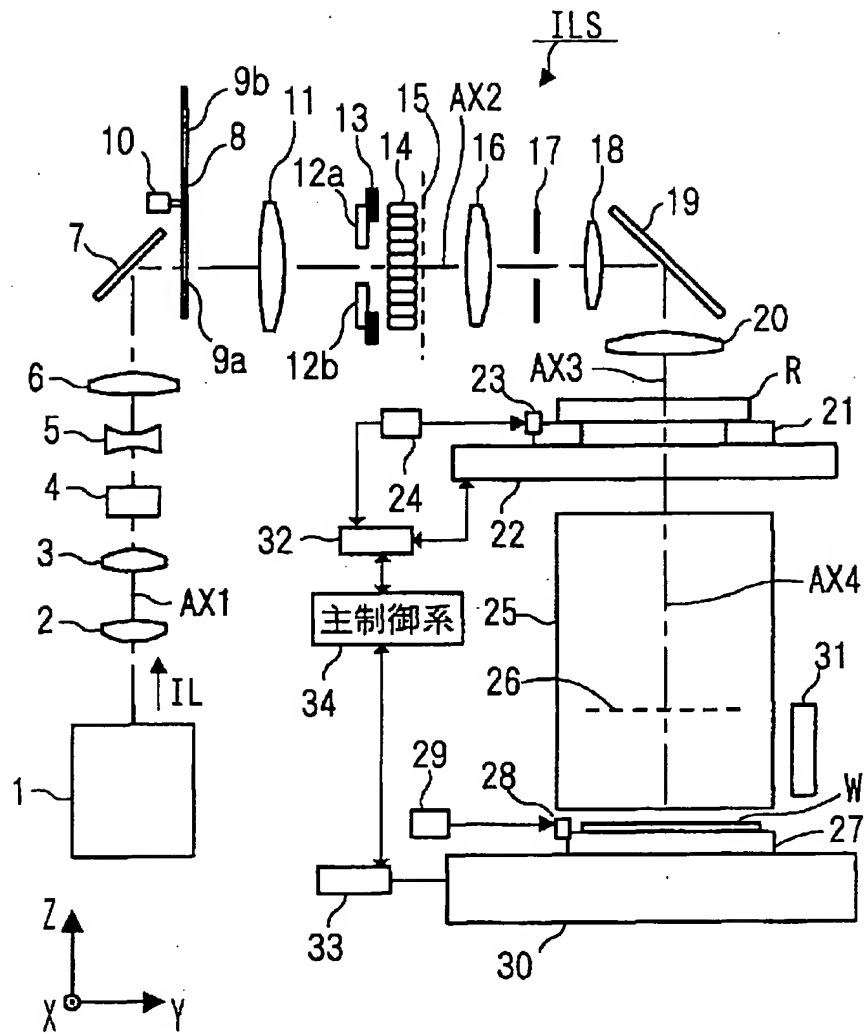
【符号の説明】

【0143】

R…レチクル、W…ウエハ、ILS…照明光学系、AX2…照明系光軸、1…光源、4…偏光制御部材、9a、9b…回折光学素子、12a、12b…偏光制御部材、13…偏光制御部材保持機構、14…フライアイレンズ、25…投影光学系、

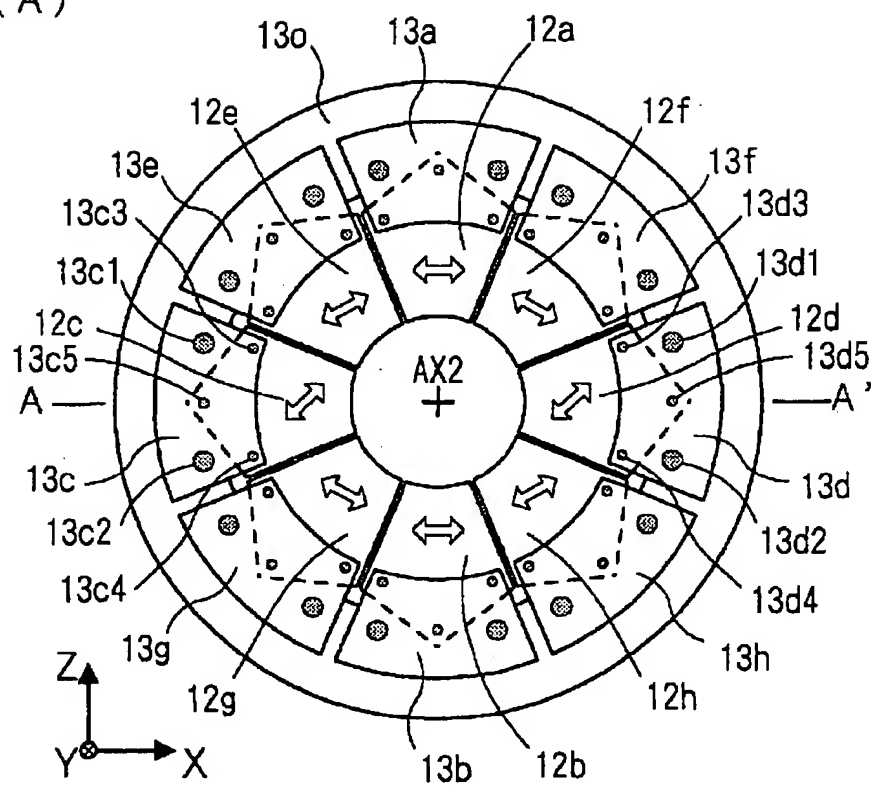


【図1】

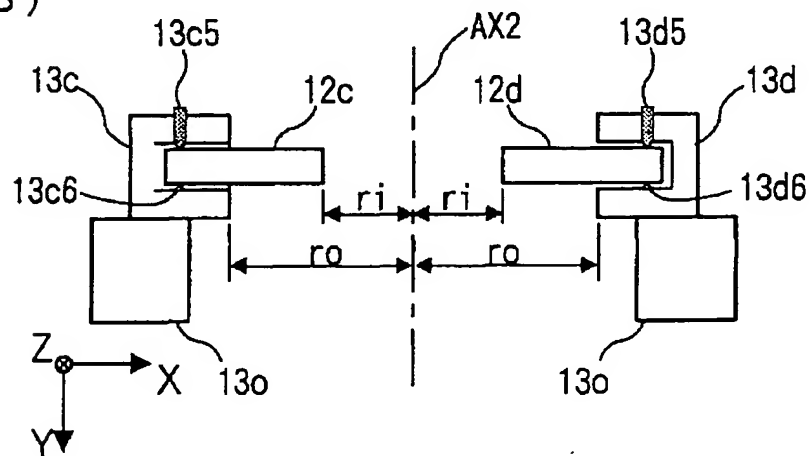


【図2】

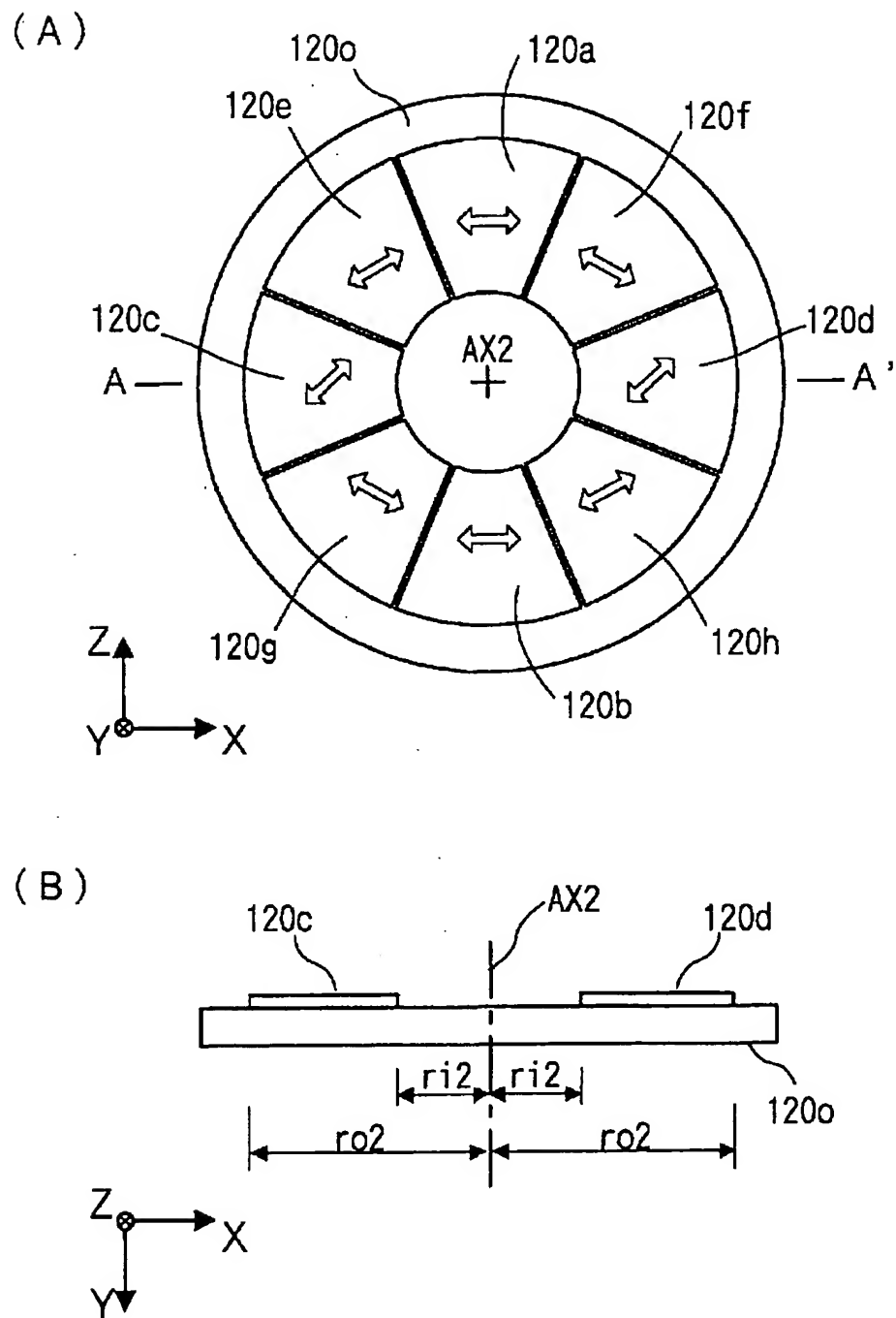
( A )



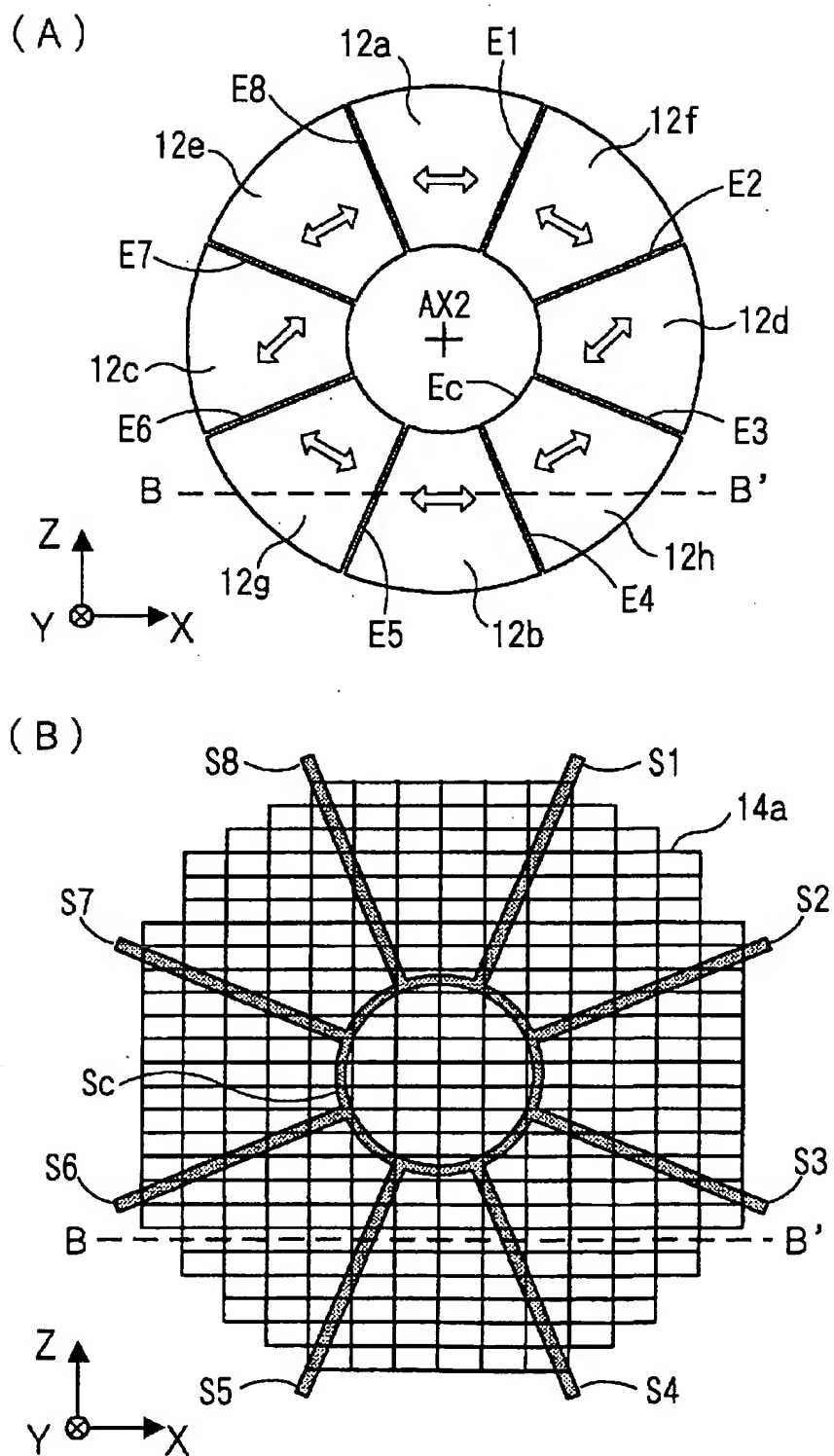
( B )



【図3】

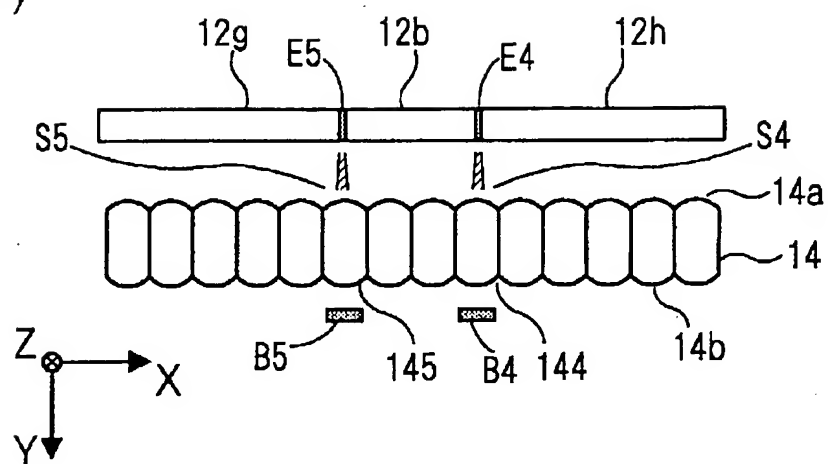


【図4】

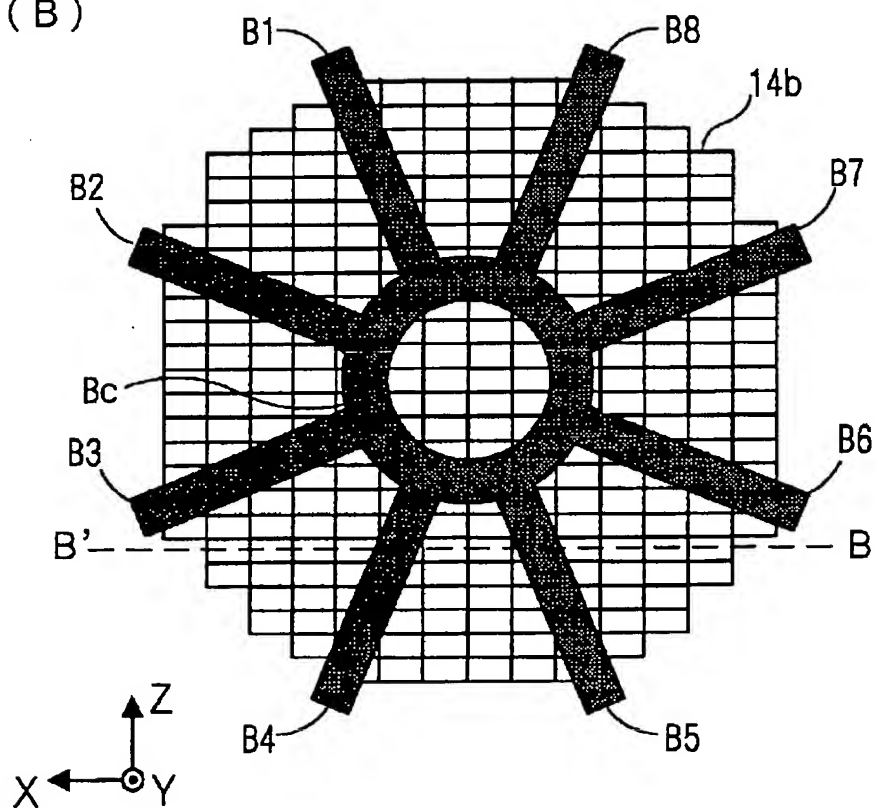


【図5】

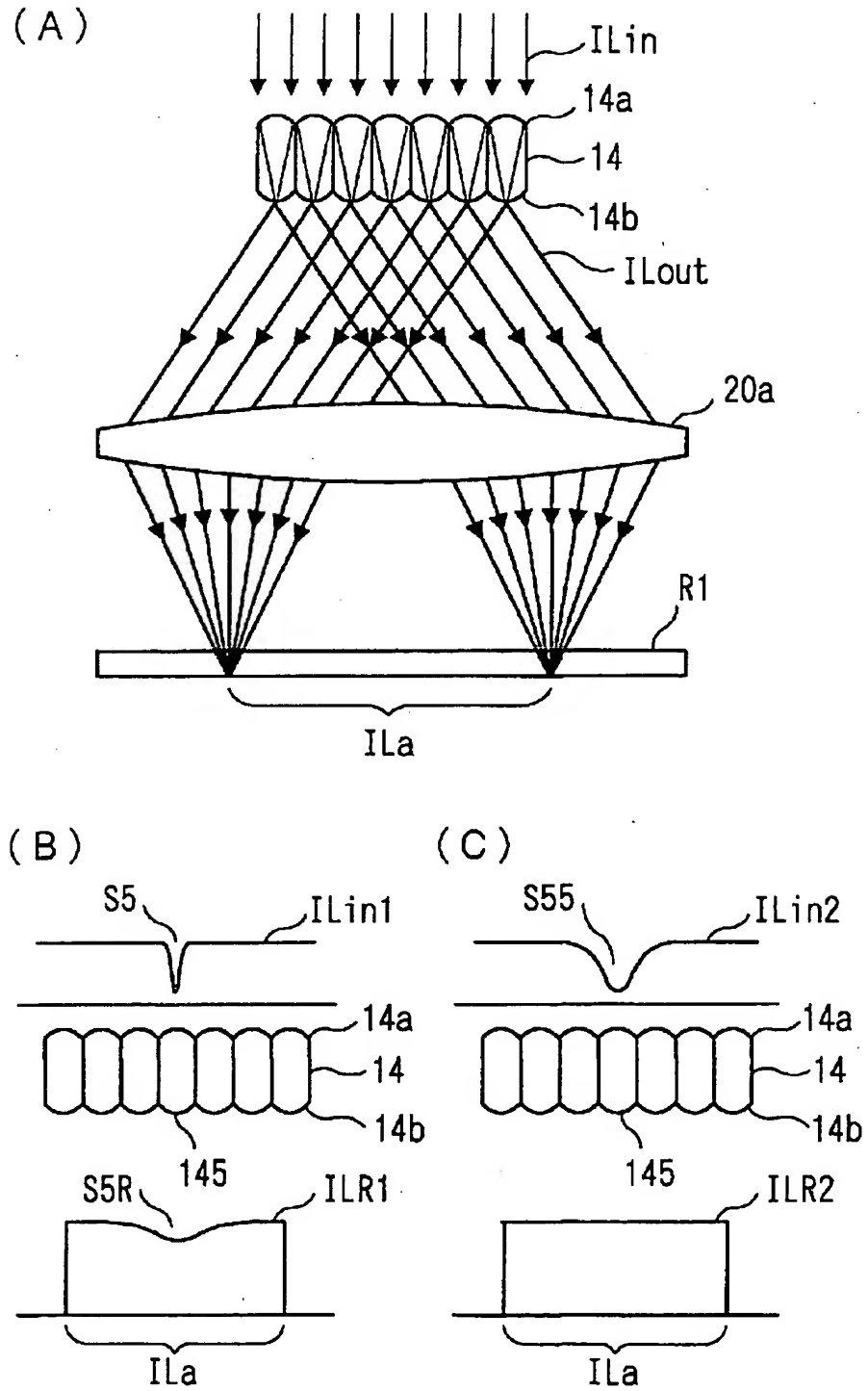
( A )



( B )

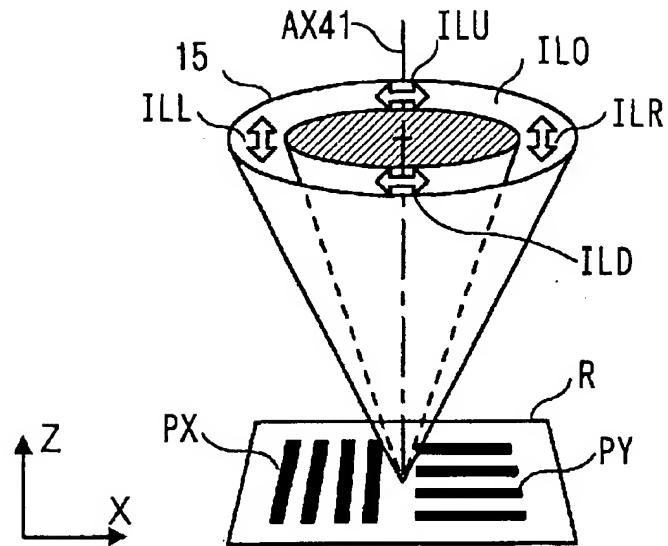


【図6】

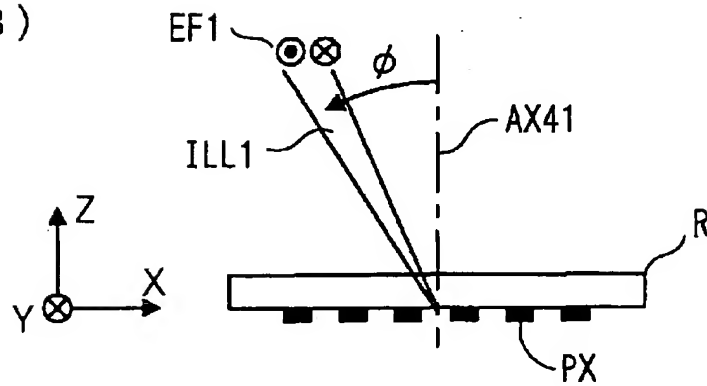


【図7】

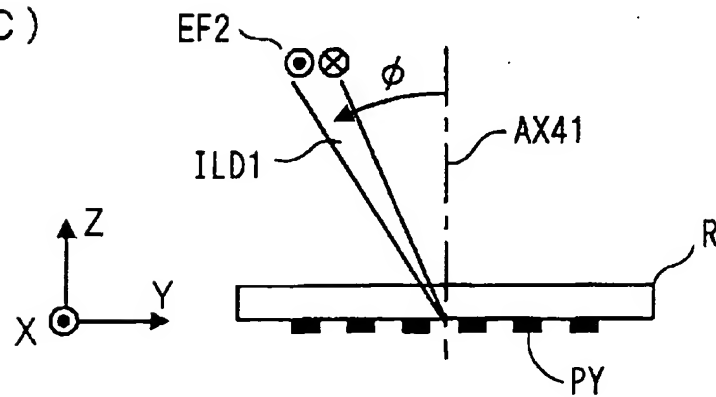
(A)



(B)



(C)



【図8】

